

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

**REGULAÇÕES AMBIENTAIS PERANTE A PAISAGEM SOCIAL DO
MAR: EM BUSCA DE UMA TRANSIÇÃO RUMO AO CO-MANEJO DA
PESCA E DA BIODIVERSIDADE MARINHA EM SÃO PAULO.**

Camila Garcia Gomes

Orientador: Dr. Antônio Olinto Ávila da Silva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca - APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

São Paulo

Abril – 2016

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

**REGULAÇÕES AMBIENTAIS PERANTE A PAISAGEM SOCIAL DO
MAR: EM BUSCA DE UMA TRANSIÇÃO RUMO AO CO-MANEJO DA
PESCA E DA BIODIVERSIDADE MARINHA EM SÃO PAULO.**

Camila Garcia Gomes

Orientador: Dr. Antônio Olinto Ávila da Silva

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Aquicultura e
Pesca do Instituto de Pesca - APTA -
SAA, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em
Aquicultura e Pesca.

São Paulo

Abril – 2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Elaborada pelo Núcleo de Informação e Documentação. Instituto de Pesca, São Paulo

G633r

Gomes, Camila Garcia

Regulações ambientais perante a paisagem social do mar: em busca de uma transição rumo ao co-manejo da pesca e da biodiversidade marinha em São Paulo / Camila Garcia Gomes. – São Paulo, 2016.
vi, 103f. ; il. ; graf. ; tab.

Dissertação (mestrado) apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - Secretaria de Agricultura e Abastecimento.

Orientador: Antônio Olinto Ávila da Silva.

1. Áreas marinhas protegidas. 2. Co-manejo. 3 Governança participativa. 4. Mobilidade pesqueira. 5. Pesca artesanal. 6. Tragédia dos comuns. I. Ávila da Silva, Antonio Olinto. II. Título

CDD 639.2

Permitida a cópia parcial, desde que citada a fonte – O autor

Título em inglês: Environmental regulations and the social landscape of the sea: towards a transition for the co-management of fisheries and marine biodiversity at São Paulo

Palavras-chave em inglês: marine protected areas, co-management, participatory governance, fisher mobility, community-run fisheries, tragedy of commons.

Área de concentração: Pesca

Titulação: Mestra em Aquicultura e Pesca

Banca examinadora: Prof. Dr. Antônio Olinto Ávila da Silva, Profa. Dra. Débora Martins de Freitas e Prof. Dr. Marcus Henrique Carneiro

Data da defesa: 08/04/2016

Programa de Pós-Graduação: Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca de São Paulo

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

REGULAÇÕES AMBIENTAIS PERANTE A PAISAGEM SOCIAL DO
MAR: EM BUSCA DE UMA TRANSIÇÃO RUMO AO COMANEJO
DA PESCA E DA BIODIVERSIDADE MARINHA EM SÃO PAULO

CAMILA GARCIA GOMES

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção
do título de MESTRE EM AQUICULTURA E PESCA, Área de
Concentração em Pesca, para a Comissão Examinadora:

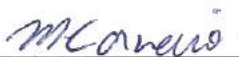
APROVADA EM 08/04/2016 POR:



Prof. Dr. Antônio Olinto Ávila da Silva
Presidente da Comissão Examinadora



Profa. Dra. Débora Martins de Freitas



Prof. Dr. Marcus Henrique Carneiro

*Tenho esperança de que um maior conhecimento
do mar, que há milênios dá sabedoria ao homem, inspire
mais uma vez os pensamentos e as ações daqueles que
preservarão o equilíbrio da natureza e permitirão a
conservação da própria vida.*

Jacques Cousteau

*Para os meus amores
Miguel, Pedro, Rafael,
Kisari e Kiteriri*

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Antônio Olinto, pelas conversas inspiradoras e orientação neste trabalho ao longo dos últimos anos.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pelo apoio que viabilizou a realização desta Dissertação, particularmente à minha chefe, Lúcia Guaraldo.

Ao meu amor, Rafael, e aos meus filhos Pedro, Miguel, Kiteriri e Kisari, que ajudam a agitar e a adoçar a vida. Nada teria sido completo sem cada um de vocês!

A toda a minha família, que sempre esteve comigo nas maiores loucuras, sempre apoiando e acreditando que eu poderia alcançar meus sonhos impossíveis...

Aos amigos do mestrado, especialmente às queridas Amanda, Fernanda, Sarah, Maressa, Nayra, e os meninos Alexandres, Raphael e Cristiano, pela ajuda em todas as fases, e pela injeção de ânimo sempre que precisei!

A todos os amigos, pelo companheirismo, por manter a vida leve, a alma feliz, e por muitas vezes cuidar dos pequenos nos momentos de aperto ;). São tantos que seria impossível nomeá-los (que felicidade!!!), mas tenho no coração cada um de vocês.

Aos professores e funcionários do Instituto de Pesca, especialmente aos do Programa de Pós-Graduação, por propiciarem esta oportunidade acadêmica e de aprendizado, além de excelentes disciplinas. À Profa. Dra. Cláudia Maris, por ter me acolhido, e aos Profs. Dr. Marcus e Dr. Acácio pelas contribuições na participação da banca de qualificação.

Aos colegas do laboratório de Estatística Pesqueira, pelo carinho e contribuições ao meu trabalho.

Ao Jorge Santos, por acreditar que eu seria capaz de aprender o Quantum GIS e pela enorme paciência e dedicação.

Ao universo, que sempre conspira a meu favor e me oferece tanta felicidade e satisfação...

SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS, FIGURAS E

ANEXOS.....	iii
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
INTRODUÇÃO GERAL.....	01
REFERÊNCIAS.....	07
CAPÍTULO 1: Environmental regulations and the social landscape of the sea: towards a transition for the co-management of fisheries and marine biodiversity in Brazil.....	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCTION.....	14
METHODS.....	16
Study region.....	16
Datasources for fisheries and environmental regulations.....	17
Spatial analyses.....	18
Fleets: definition and geographical mobility.....	18
RESULTS.....	22
Geographic patterns of fishing activities.....	19
Spatial and interannual variation of fishing products.....	20
Geographic patterns of gears use.....	20
Geographical patterns of productivity (biomass/fishing trip).....	21
Characteristics and geographic mobility of fishing fleets.....	21
DISCUSSION.....	22
Adapting general regulations to small-scale fishing dynamics.....	23

Strengthening the ecological basis of environmental regulations.....	25
MPAs as cornerstones for marine biodiversity and fisheries policies.....	27
Bridging institutions and communities.....	30
REFERENCES.....	31
CAPÍTULO 2: REVISÃO DA ICTIOFAUNA ASSOCIADA À ESTAÇÃO ECOLÓGICA DOS TUPINIQUEIS, SÃO PAULO: RIQUEZA DE ESPÉCIES E DIVERSIDADE TAXONÔMICA.....	55
Resumo.....	56
Abstract.....	57
Introdução.....	58
Material e Métodos.....	59
Resultados e Discussão.....	60
Referências.....	62
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89

ÍNDICE DE TABELAS, FIGURAS E ANEXOS

CAPÍTULO 1

Table 1 - Marine protected areas (MPAs) along the central and southern coastline of São Paulo State, Brazil. The total areas shown do not include areas that overlap with other MPAs. MPA categories follow (BRAZIL, 2008; SÃO PAULO, 1993a and b, 2008a and b, 2012 and 2013b).....	40
Table 2 - Total number of geo-refereed fishing trips and number of trips landing within the study region.....	41
Table 3 - Categories of fishing products and respective taxonomic information and common names.	42
Table 4 - The fleets operating within the study region as defined by the intersection of the vessels' base municipality, fishing gears, and operating scale.....	43
Fig. 1. Study region in the São Paulo State coastline.....	46
Fig. 2. Accumulated fishing trips to the blocks within the study region from 2009 to 2014. Colors depict a logarithmic scale ranging from few trips (lightly colors) to many trips (dark colors).	47
Fig.3. Municipalities from which 196,521 fishing trips departed to the study region during the period 2009-2014.....	48
Fig. 4. (A) Total catches by fishing product category for 196,521 fishing trips within the study region from 2009 to 2014. (B) Inter-annual variation in the biomass of catches.....	49
Fig. 5. Geographical variation in the relative contribution of the species to the total biomass of catches in the study region from 2009 to 2014.....	50
Fig. 6. Geographical variation in the fishing gears used by the fleets operating in the study region from 2009 to 2014.....	51

Fig. 7. Relative productivity (proportion of the catches per block) accumulated from 2009 to 2014.	52
Fig. 8. Distances (km) travelled by vessels in different fleets during their fishing trips between 2009 and 2014 in the study region.	53
Fig. 9. Water depths of the fishing activities for the different fleets operating at the study region from 2009 to 2014.	54

CAPÍTULO 2

Figura 1. Localização das unidades insulares que compõem a Estação Ecológica dos Tupiniquins e delimitação da área a partir da qual uma lista de espécie complementar foi compilada a partir de dados de estatística pesqueira providos pelo Instituto de Pesca do Estado de São Paulo.	66
Figura 2. Número de (A) espécies e (B) famílias de peixes ósseos (Actinopterygii) e cartilagosos (Chondrichthyes) ocorrentes na Estação Ecológica dos Tupiniquins, no litoral sul do Estado de São Paulo, conforme a lista atual (vermelho) e a lista complementada com dados providos pelo Instituto de Pesca do Estado de São Paulo para capturas realizadas na adjacência imediata da ESEC Tupiniquins e descarregadas em municípios costeiros paulistas no período entre 2009 e 2014.	67
Figura 3. Riqueza (número de espécies) de peixes ósseos (Actinopterygii) em cada família dessa classe ocorrente na Estação Ecológica dos Tupiniquins, no litoral sul do Estado de São Paulo, conforme a lista atual (cinza) e a lista complementada (preto) com dados providos pelo Instituto de Pesca do Estado de São Paulo para capturas realizadas na adjacência imediata da ESEC Tupiniquins e descarregadas em municípios costeiros paulistas no período entre 2009 e 2014.	68
ANEXO 1. Lista de espécies da Estação Ecológica dos Tupiniquins agrupando informações do Plano de Manejo (PM) da unidade (BRASIL, 2008) e das espécies capturadas nos blocos de entorno da ESEC de acordo com os dados do Programa de Monitoramento da Atividade Pesqueira Marinha e Estuarina (PMAP). Siglas: AC – Classe Actinopterygii, EL – Classe Elasmobranchii, HO – Classe Holocephali, CR – Criticamente em Perigo, DD – Dados Insuficientes, EN – Em perigo, EW – Extinta na Natureza, LC – Menos Preocupante; NT – Quase Ameaçada, VU –	

Vulnerável, RE – Regionalmente Extinta, CO – Colapsada, SE – Sobrexplotada, AS – Ameaçada de Sobrexplotação, X – dados presentes na lista em nível de espécie, XX – dados presentes na lista em nível de gênero e XXX – dados presentes na lista em nível de família (MIKICH & BÉRNILS, 2004; PASSAMANI & MENDES, 2007; SÃO PAULO, 2008; SANTA CATARINA, 2011; RIO DE JANEIRO, 2011; RIO GRANDE DO SUL, 2014; MMA, 2014; IUCN, 2015)...... 70

Regulações ambientais perante a paisagem social do mar: em busca de uma transição rumo ao co-manejo da pesca e da biodiversidade marinha em São Paulo.

Resumo. Áreas marinhas protegidas e outras regulações ambientais espacialmente embasadas devem garantir a proteção da biodiversidade, dos processos ecossistêmicos e dos estoques pesqueiros. Nosso objetivo neste estudo foi avaliar a congruência entre a legislação ambiental e as dinâmicas espacial e temporal da atividade pesqueira em escala regional para subsidiar potenciais estratégias de co-manejo da biodiversidade marinha e estoques pesqueiros. Usamos dados de 196.521 viagens ao longo da faixa costeira do Estado de São Paulo (Brasil) no período entre 2009 e 2014. Especificamente, estudamos os padrões geográficos de mobilidades das frotas e a variação espaço-temporal no uso de artes de pesca e nas espécies-alvo. A região de estudo representa a principal fonte de pesca para vários municípios da região. As frotas artesanais operam principalmente nas adjacências da faixa costeira, enquanto as frotas industriais prevalecem em maior profundidade. As espécies mais frequentemente capturadas foram *Xiphopenaeus kroyeri*, *Sardinella brasiliensis* e *Micropogonias furnieri*. Dados de biomassa mostram que as populações dessas espécies experimentam fortes variações interanuais e geográficas. *X. kroyeri* predominam ao longo da faixa costeira, *M. furnieri* a distâncias intermediárias da costa e *S. brasiliensis* em blocos mais distantes do continente. Emalhes foram as artes de pesca mais frequentes, porém restritas às áreas próximas ao continente. Arrasto duplo foi a segunda arte mais frequente, sendo recorrente nas áreas mais distantes e na parte nordeste da região. As capturas foram maiores em áreas próximas ao continente. A região tem um total de 52 frotas. Embarcações artesanais compõem a maioria (87%) das frotas, com uma mobilidade mediana de 10 km, enquanto as frotas industriais têm distâncias medianas por viagem entre 30 km e 100 km. A lista de peixes registradas em nosso estudo tem apenas 16 espécies em comum com uma das áreas protegidas (Estação Ecológica dos Tupiniquins), acrescentando aos registros da ictiofauna local 65 espécies em 25 famílias e sugerindo uma alta reposição (turnover) de espécies entre ambientes recifais e os de águas abertas e fundos não-consolidados. Nós discutimos quatro estratégias para promover o co-manejo da biodiversidade e estoques pesqueiros em escala regional: (i) a adaptação de regulações gerais perante a dinâmica da pesca em pequena escala, (ii) o fortalecimento das bases ecológicas das regulações ambientais, (iii) o delineamento de uma rede funcional de áreas protegidas na escala regional e (iv) o diálogo entre instituições e comunidades para promover a qualidade dos dados, a aprendizagem social e a governança participativa.

Palavras-chave: áreas marinhas protegidas, co-manejo, governança participativa, mobilidade pesqueira, pesca artesanal, tragédia dos comuns.

Environmental regulations and the social landscape of the sea: towards a transition for the co-management of fisheries and marine biodiversity at São Paulo

Abstract. Marine protected areas (MPAs) and other spatially based environmental regulations should ensure protection for biodiversity, ecosystem processes and fish stocks. However, the extent to which regulations achieve such goals is largely unknown. Our goal in this study was to evaluate the congruence between environmental regulations and spatiotemporal fishing dynamics at the regional scale to enlighten the potential co-management of biodiversity and fish stocks. We used data from 196,521 fishing trips across the São Paulo State (Brazil) coastline from 2009 to 2014. Particularly, we studied geographical patterns of fleet mobility and spatiotemporal variation of fishing gears use and target species. The study region represents a major source of fisheries for several municipalities. Artisanal fleets operate mostly along the adjacencies of the coastline, whereas industrial fleets prevail away from the continent. Most frequently captured species were the Atlantic seabob, *Xiphopenaeus kroyeri*, the Brazilian sardinella, *Sardinella brasiliensis*, and the whitemouth croaker, *Micropogonias furnieri*. Biomass data shows that the populations of these species undergo strong interannual and geographical variation. Seabobs predominate along the coastline, whitemouth drummers at intermediate distances from the continent and the Brazilian sardinella at distant blocks. Gillnets were the most frequent fishing gear, albeit restricted to areas close to the continent. Double trawlers were the second most frequent gear, being recurrent at the most distant areas and at the northeastern part of the region. Catches were higher in blocks closer to the continent. The region holds a total of 52 fleets defined by the intersection of vessels' base municipality, fishing gear, and operational scale. Artisanal vessels compose the majority (87%) of fleets, showing a median geographic mobility of 10 km, whereas the remaining fleets operate at the industrial scale and show median distances per trip that range from 30 km to 100 km. The list of fish species recorded in our study has only 16 species in common with the official list of species for one of the protected areas (Tupiniquins Ecological Station) in the study region, adding to it 65 species in 25 families and suggesting a high species turnover between local reef environments and adjacent open waters and soft-bottoms. We discuss four strategic pathways that can promote the regional-scale co-management of fisheries and biodiversity: (i) adapting general regulations to small-scale fishing dynamics (ii) strengthening the ecological basis of environmental regulations, (iii) designing a functional MPA network at the regional scale, and (iii) bridging institutions and communities to promote data quality, social learning and participatory governance.

KEYWORDS: co-management, community-run fisheries, fisher mobility, marine protected areas, participatory governance, tragedy of commons.

INTRODUÇÃO GERAL

INTRODUÇÃO GERAL

Estratégias de desenvolvimento deveriam abordar de forma integrada as questões de sustentabilidade ecológica, inclusão sócio-produtiva e segurança alimentar (GODFRAY *et al.*, 2010; BERRY *et al.*, 2015). A magnitude desse desafio é ilustrada pela metáfora da tragédia dos comuns, a qual prediz que o esgotamento de recursos de uso comum é inevitável quando agentes individuais agem livremente para maximizar seus ganhos (HARDIN, 1968). Um corolário dessa predição é que a manutenção de recursos comuns em longo prazo dependeria de regulações impostas pelo Estado, pelos próprios agentes ou pelo mercado (HARDIN, 1968; FENNY *et al.*, 1990; LEAL, 1998). Entretanto, até hoje nenhuma regra estática definida pelo Estado, por comunidades ou pelos mercados mostrou-se uma solução universalmente válida para o esgotamento dos recursos naturais (THOMPSON, 2000; SINDEN, 2007).

Abordagens de maior sucesso para o manejo compartilhado de recursos caracterizam-se pela inclusão de agentes individuais ou corporativos nos processos decisórios, sugerindo que o papel do Estado idealmente seria a delimitação de regulações adaptáveis perante a natureza dinâmica dos recursos naturais e das instituições (GRAFTON, 2000). A constatação de que a articulação entre comunidades locais e instituições governamentais aperfeiçoa o manejo de recursos tem gerado abordagens interinstitucionais focadas em diferentes escalas nas quais ocorrem os processos sócio-ecológicos (OSTROM *et al.*, 2002; DOOLITTLE, 2014). Como resultado, uma "reinvenção da gestão de recursos está em curso", gerando esquemas de governança que "...acomodam visões diversas, aprendizagem compartilhada e as fontes sociais de adaptabilidade, renovação e transformação" (ARMITAGE *et al.*, 2009). O conceito de co-manejo, entendido como "um processo de resolução de problemas" (CARLSSON e BERKES 2005), sintetiza as tendências contemporâneas de compartilhar a governança de recursos comuns entre Estado e comunidades locais. Sistemas de co-manejo visam conectar instituições para o compartilhamento de direitos e responsabilidades (Figura 1) operacionalizado como governança multi-institucional de recursos comuns, tais

como: florestas, pastagens, bacias hidrográficas, áreas protegidas e pesca (BERKES, 2009).

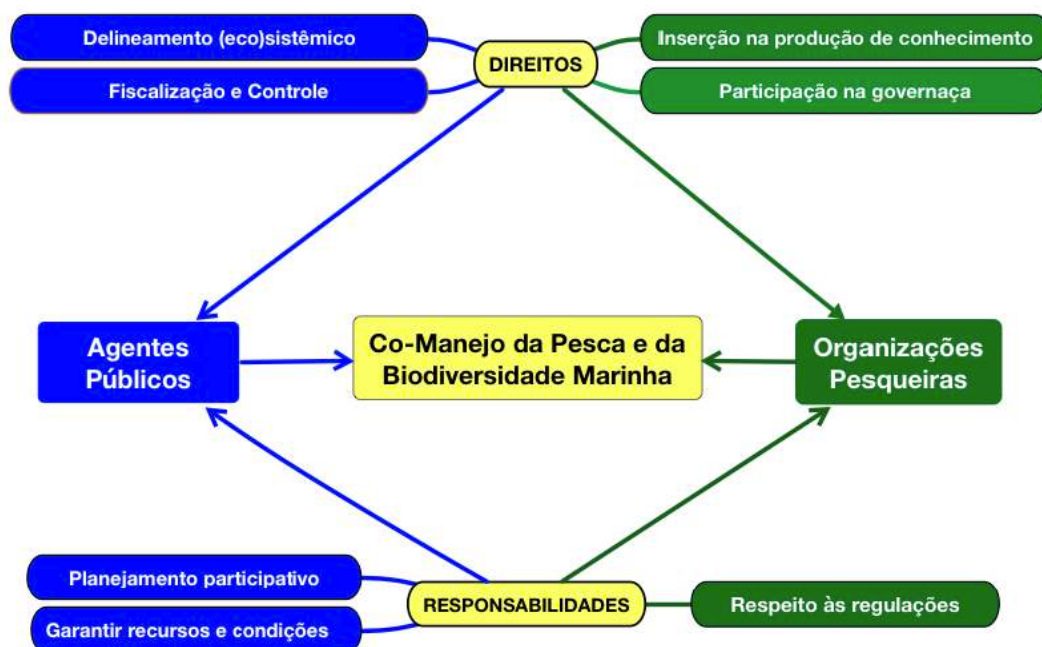


Figura 1. Visão esquemática do co-manejo da pesca e biodiversidade marinha, destacando os direitos e responsabilidades de agentes públicos e organizações pesqueiras em torno da gestão de recursos comuns. Esquema concebido com a síntese de ideias apresentadas e citadas nesta Introdução. Veja as referências citadas nesta seção para mais detalhes.

A pesca em regiões costeiras ilustra os desafios para a implantação do co-manejo (e.g., POMEROY, 1995), particularmente em relação à criação de mecanismos capazes de promover eficiência econômica, a extração sustentável e a equidade social (BÉNÉ e NEILAND 2006; BREWER e MOON, 2015). Diversos processos antropogênicos, tais como poluição, acidificação, operações de gás e óleo e perda de biodiversidade, somam-se à sobrepesca como problemas centrais para a persistência dos estoques pesqueiros (CROWDER e NORSE 2008; SALE *et al.*, 2014). Frente a essa complexidade sócio-ecológica de áreas costeiras, iniciativas de co-manejo devem promover

(i) a construção participativa de regulações com base em informações fornecidas por pescadores artesanais e industriais e por instituições científicas e (ii) na conciliação entre objetivos setoriais dos pescadores e os objetivos de manejo ecossistêmico, sendo que os últimos articulam-se a estratégias regionais e globais de sustentabilidade (LINKE e BRUCKMEIER, 2015).

O co-manejo pesqueiro, enquanto empreendimento inter-setorial, pode beneficiar-se de abordagens ecossistêmicas de governança, tal como o planejamento espacial marinho (JAY *et al.*, 2012). Particularmente, o planejamento espacial marinho tem o potencial de conciliar o aumento da lucratividade da pesca e a conservação da biodiversidade marinha (HILBORN, 2007; GURNEY *et al.*, 2015), o quê é uma questão fundamental para viabilizar esquemas de governança de orientação ecossistêmica (HILBORN, 2007). Em uma definição ampla, o "planejamento espacial marinho é um processo público de análise e alocação da distribuição espacial e temporal das atividades humanas em áreas marinhas para realização de objetivos ecológicos, econômicos e sociais que usualmente são especificados por meio de um processo político" (EHLER e DOUVERE, 2009). O planejamento espacial marinho pode assim embasar a governança multi-institucional ao (i) traduzir sínteses de conhecimento em consenso político e (ii) avançar a integração entre legislação ambiental e regulações pesqueiras no sentido de uma governança de orientação ecossistêmica (QUIU e JONES, 2013).

O planejamento espacial marinho depende de áreas marinhas protegidas para conservar a biodiversidade e as funções ecossistêmicas (GUBBAY, 2004; HILBORN *et al.*, 2004; JAY *et al.*, 2012), adicionalmente criando efeitos de *spillover* que renovam populações alvo e não-alvo em áreas pesqueiras adjacentes (HILBORN *et al.*, 2004, 2007; HUTCHINGS *et al.* 2010; SRINIVASAN *et al.*, 2010; HAIMOVICI *et al.*, 2014; GURNEY *et al.* 2015). A integração das áreas protegidas marinhas no planejamento espacial é uma estratégia particularmente promissora para contrabalancear os efeitos severos da sobrepesca, a qual causa o declínio populacional ou extinção local de espécies marinhas comercialmente relevantes e também de espécies não-alvo de peixes e diversos outros grupos (HUTCHINGS *et al.* 2010; SRINIVASAN *et al.*, 2010; HAIMOVICI, 2014). As perdas de populações e espécies impostas

pela sobrepesca propagam-se pelas teias tróficas marinhas e modificam a estrutura e as dinâmicas das comunidades ecológicas (MYERS e WORM, 2003; PAULY e PALOMARES, 2005) e, em último nível, ameaçando a maioria dos serviços ecossistêmicos providos pelo oceano (WORM *et al.*, 2006). Ao longo das últimas cinco décadas a sobrepesca afetou de um terço à metade das espécies marinhas comercializadas no mundo, impondo prejuízos econômicos da ordem de bilhões de dólares (SRINIVASAN *et al.*, 2010). Novas abordagens que façam frente às consequências ecológicas e econômicas da sobrepesca são necessárias para permitir o manejo integrado da pesca e biodiversidade marinha (PAULY *et al.*, 2003). Entretanto, o planejamento de tais estratégias é frequentemente limitado pela falta de informação sobre padrões de atividade pesqueira e sobre a biodiversidade marinha (WORM *et al.*, 2009). Governos, pescadores e pesquisadores devem portanto, desenvolver práticas de longo prazo que forneçam informação para o co-manejo da pesca e biodiversidade (SALE *et al.*, 2005; KOFINAS, 2009).

A base informacional requerida para maior integração do manejo da biodiversidade e da pesca inclui uma variedade de aspectos socioeconômicos e ambientais da paisagem marinha (SALE *et al.*, 2005). Para essas paisagens, informações biofísicas de alta qualidade frequentemente estão disponíveis, mas os bancos de dados frequentemente falham na captura da dimensão humana do uso de recursos, particularmente no que diz respeito às relações entre as comunidades locais e seu espaço de uso de recursos -- i.e., a "paisagem social" da pesca e das comunidades pesqueiras (MARTIN e HALL-ARBER, 2008). O preenchimento das lacunas de informação referentes ao uso do espaço marinho na escala regional pode aumentar a legitimidade das regulações ambientais, contribuindo para os esforços de co-manejo (JENTOFT, 2000; LÉDÉE *et al.*, 2013). Adicionalmente, essas "camadas faltantes" (MARTIN e HALL-ARBER, 2008) de informação geo-espacial que descreve a dinâmica de comunidades pesqueiras pode levar a planos regionais de zoneamento que capitalize o potencial das áreas protegidas e outras regulações existentes (AGARDY *et al.*, 2011). Assim, a disponibilização de novas informações sobre os aspectos sociais das paisagens marinhas irá contribuir para a resolução de conflitos entre pescadores e agências

governamentais, os quais são lugar comum na América do Sul (TRIMBLE e BERKES, 2015). Essas informações consituem fundamentos para uma reavaliação aprofundada da estrutura e funcionamento de áreas protegidas marinhas e outras regulações ambientais a partir da perspectiva da pesca local, servindo para (i) ajudar as comunidades locais e as instituições governamentais a obter consenso sobre objetivos multi-setoriais (DAY, 2008), (ii) apoiar a coordenação de programas orientados a preencher os requisitos científicos, sociais e políticos para o co-manejo da pesca e da biodiversidade (COX *et al.* 2010; TRIMBLE e BERKES, 2015) e (iii) orientar a escolha de abordagens conceituais e metodológicas para o planejamento espacial marinho em diferentes escalas (ALLNUT *et al.*, 2012)

Este trabalho investiga a dinâmica espaço-temporal da pesca que está baseada na região costeira do Estado de São Paulo, no período entre 2009 e 2014. De forma geral, buscamos aqui *insights* em relação aos desafios e oportunidades para o desenvolvimento de políticas públicas que apoiem o co-manejo da pesca e biodiversidade marinha. No primeiro capítulo, nós nos focamos na síntese de dados de alta qualidade que descrevem a mobilidade geográfica das frotas locais e os padrões de pesca a ela associados, bem como a variação espacial e temporal da importância relativa de espécies alvo e artes de pesca. Adicionalmente, avaliamos o grau de convergência entre os padrões de mobilidade e pesca de diferentes frotas e as restrições impostas por áreas protegidas marinhas e outras regulações ambientais dentro da região de estudo. De forma complementar, no segundo capítulo comparamos a composição da lista de espécies de peixes que ocorrem na Estação Ecológica dos Tupiniquins com a lista de espécies pescadas, obtida a partir da base de dados ProPesq, como um indicativo da qualidade das informações sobre a biodiversidade marinha atualmente existente para as áreas protegidas da região centro-sul do litoral paulista. As análises que aqui apresentamos visam apoiar uma transição rumo ao co-manejo da pesca e biodiversidade marinha no litoral do Estado de São Paulo. Apesar do Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas prever que as unidades de conservação marinhas devem conciliar a conservação da biodiversidade e a manutenção dos estoques pesqueiros (BRASIL, 2006), lacunas de informação ainda limitam o planejamento de

estratégias integrativas no Brasil (AMARAL e JABLONSKI, 2005). Sob essa limitação severa de dados, novas sínteses das informações já existentes são imprescindíveis para gerar medidas regulatórias mais efetivas (AGARDY *et al.*, 2011). Tendo em vista tal demanda, no capítulo 1, são abordadas as seguintes questões específicas:

- como as frotas artesanais e industriais baseadas ao longo da costa centro-sul do Estado de São Paulo usam os recursos e o espaço marinhos?

- Em que medida as dinâmicas pesqueiras nas escalas local e regional ajustam-se às regulações ambientais espacialmente explícitas?

- Como o co-manejo da pesca e da biodiversidade em escala regional pode promover o aperfeiçoamento das regulações ambientais?

No capítulo 2, avaliamos como os dados provenientes das séries temporais da estatística pesqueira podem contribuir para a qualidade dos dados sobre biodiversidade marinha, comparando a composição de espécies da lista oficial da Estação Ecológica dos Tupiniquins, obtida por meio do método de Avaliação Ecológica Rápida (BRASIL, 2008) com a lista de espécies pescadas em sua adjacência que constam no banco de dados do Instituto de Pesca utilizado no capítulo 1. O intuito desse exercício foi obter um indicativo sobre a qualidade de informação sobre biodiversidade existente nas áreas protegidas marinhas da região, particularmente no que se refere à riqueza de espécies e diversidade taxonômica, as quais são informações relevantes para o desenho de estratégias de conservação e co-manejo da biodiversidade e estoques pesqueiros.

REFERÊNCIAS

- AGARDY, T., G. N. DI SCIARA e P. CHRISTIE. 2011. Mind the gap: addressing the shortcomings of marine protected areas through large scale marine spatial planning. *Marine Policy* 35: 226-232.
- ALLNUT, T. F., T. R. MCCLANAHAN, S. ANDRÉFOUËT, M. BAKER, E. LAGABRIELLE, *et al.* 2012. Comparison of marine spatial planning methods

- in Madagascar demonstrates value of alternative approaches. *Plos One* 7(2): e28969.
- AMARAL, A.C.Z. e S. JABLONSKI. 2005. Conservação da biodiversidade marinha e costeira no Brasil. *Megadiversidade* 1: 43-51.
- ARMITAGE, D. R., R. PLUMMER, F. BERKES, R. I. ARTHUR, A. T. CHARLES *et al.* 2009. Adaptive co-management for social–ecological complexity. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7: 95-102.
- BERKES, F. 2009. Evolution of co-management: role of knowledge generation, bridging organizations and social learning. *Journal of Environmental Management* 90: 1692-1702.
- BÉNÉ, C. e A. E. NEILAND. 2006. From participation to Governance. WorldFish Center, Penang, and CGIAR Challenge Program on Water and Food, Colombo. http://pubs.iclarm.net/resource_centre/GovernancePaper.pdf
- BERRY, E. M., S. DERNINI, B. BURLINGAME, A. MEYBECK e P. CONFORTI. 2015. Food security and sustainability: can one exist without the other? *Public Health Nutrition* 18: 2293-22302.
- BRASIL. 2006. Decreto N° 5.758, de 13 de abril de 2006. Institui o Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas – PNAP, seus princípios, diretrizes, objetivos e estratégias, e dá outras providências. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5758.htm
- BRASIL. 2008. Plano de manejo da Estação Ecológica dos Tupiniquins. Brasília, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.
- BREWER, T. D. e K. MOON. 2015. Towards a functional typology of small-scale fisheries co-management informed by stakeholders perceptions: a coral reef case study. *Marine Policy* 51: 48-56.
- CARLSSON, L. e F. BERKES. 2005. Co-management: concepts and methodological implications. *Journal of Environmental Management* 75: 65-76.
- COX, M. G. ARNOLD e S. VILLAMAYOR TOMÁS. 2010. A review of design principles for community-based natural resource management. *Ecology and Society* 15: 38. <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art38/>
- CROWDER, L.B. e E.A. NORSE. 2008. Essential ecological insights for marine ecosystem-based management and marine spatial planning. *Marine Policy* 32: 772-778.

- DAY, J. 2008. The need and practice of monitoring, evaluating and adapting marine planning and management—lessons from the Great Barrier Reef. *Marine Policy* 32: 823-831.
- DOOLITTLE, A. 2014. *Tragedy of the Commons*. Oxford Bibliographies. Disponível em <http://www.oxfordbibliographies.com/view/document/obo-9780199830060/obo-9780199830060-0116.xml>. Consultado em 23 de Junho de 2016.
- EHLER, C.N. e F. DOUVERE. 2009. *Marine Spatial Planning: a step-by-step approach toward ecosystem-based management*. Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme. IOC Manual and Guides N° 53, ICAM Dossier N° 6. Paris: UNESCO. 99 p.
- FENNY, D., F. BERKES, B. J. MCCAY e J. M. ACHESON. 1990. The tragedy of the commons - twenty-two years later. *Human Ecology* 18: 1-19.
- GODFRAY, H. C., J. R. BEDDINGTON, I. R. CRUTE, L. HADDAD, D. LAWRENCE *et al.* 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 5967: 812-818.
- GRAFTON, R. Q. 2000. Governance of the commons: A role for the State? *Land Economics* 76: 504-517.
- GUBBAY, S. 2004. *Marine protected areas in the context of marine spatial planning - discussing the links*. The Marine Programme, WWW-UK.
- GURNEY, G. G., R. L. PRESSEY, N. C. BAN, J. G. ÁLVAREZ-ROMERO, S. JUPITER *et al.* 2015. Efficient and equitable design of marine protected areas in Fiji through inclusion of stakeholder-specific objectives in conservation planning. *Conservation Biology* 29: 1378-1389.
- HAIMOVICI, M., J. M. ANDRIGUETTO-FILHO, P. S. SUNYE e A. S. MARTINS. 2014. Padrões das dinâmicas de transformação em pescarias marinhas e estuarinas do Brasil (1960-2010). In: *A pesca marinha e estuarina no Brasil, estudos de caso multidisciplinares*. Editora da FURG, Rio Grande, p. 181-191.
- HARDIN, G. 1968. The tragedy of the commons. *Science* 162: 1243-1248.
- HILBORN, R., K. STOKES, J.-J. MAGUIRE, T. SMITH, L. W. BOTSFORD, *et al.* 2004. When can marine reserves improve fisheries management? *Ocean & Coastal Management* 47: 197-205.

- HILBORN, R. 2007. Defining success in fisheries and conflicts in objectives. *Marine Policy* 31: 153-158.
- HUTCHINGS, J. A., C. MINTO, D. RICARD, J. K. BAUM e O. P. JENSEN. 2010. Trends in the abundance of marine fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 67:1205-1210.
- JAY, S., G. ELLIS e S. KIDD. 2012. Marine spatial planning: a new frontier? *Journal of Environmental Policy and Planning* 14: 1-5.
- JENTOFT, S. 2000. Legitimacy and disappointment in fisheries management. *Marine Policy* 24: 141-148.
- KOFINAS, G. P. 2009. Adaptive co-management in social-ecological governance. *In* CHAPIN, F.S., III, G. P. KOFINAS and C. FOLKE (eds). *Principles of ecosystem stewardship: resilience-based natural resource management in a changing world*. Springer: New York. 401 pp.
- LEAL, D. R. 1998. Community-run fisheries: avoiding the "tragedy of the commons". *Journal of Interdisciplinary Studies* 19: 225-245.
- LÉDÉE, E. J. I., S. G. SUTTON, R. C. TOBIN e D. M. FREITAS. 2013. Responses and adaptation strategies of commercial and charter fishers to zoning changes in the Greater Barrier Reef Marine Park. *Marine Policy* 36: 226-234.
- LINKE, S. e K. BRUCKMEIER. 2015. Co-management in fisheries: experiences and changing approaches in Europe. *Ocean & Coastal Management* 104: 170-181.
- MARTIN, K. S. e M. HALL-ARBER. 2008. The missing layer: geo-technologies, communities, and implications for marine spatial planning. *Marine Policy* 32: 779-786.
- MYERS, R.A. e B. WORM. 2003. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature* 423: 280-283.
- OSTROM, E., T. DIETZ, N. DOLSAK, P. C. STERN, S. STONICH *et al.* (eds.). 2002. *The drama of the commons*. National Academy Press, Washington, DC.
- PAULY, D., J. ALDER, E. BENNETT, V. CHRISTENSEN, P. TYEDMERS *et al.* 2003. The future for fisheries. *Science* 302: 1359-1361.
- PAULY, D. e M.L. PALOMARES. 2005. Fishing down marine food web: it is far more pervasive than we thought. *Bulletin of Marine Science* 76: 197-211.

- POMEROY, R. S. 1995. Community-based and co-management institutions for sustainable coastal fisheries management in Southeast Asia. *Ocean & Coastal Management* 27: 143-162.
- QUIU, W. e P. J. S. JONES. 2013. The emerging policy landscape for marine spatial planning in Europe. *Marine Policy* 39: 182-190-
- SALE, P., R. K. COWEN, B. S. DANILOWICZ, G. P. JONES, J. P. KRITZER, *et al.* 2005. Critical science gaps impede use of no-take fishery reserves. *Trends in Ecology and Evolution* 20: 74-80.
- SALE, P., T. AGARDY, C. H. AINSWORTH, B. E. FEIST, J. D. BELL *et al.* 2014. Transforming management of tropical coastal seas to cope with challenges of the 21st century. *Marine Pollution Bulletin* 85: 8-23.
- SINDEN, A. 2007. The tragedy of the commons and the myth of a private property solution. *University of Colorado Law Review* 78: 533-612.
- SRINIVASAN, U. T., W. W. L. CHEUNG, R. WATSON e U. R. SUMAILA. 2010. Food security implications of marine catch losses due to overfishing. *Journal of Bioeconomics* 12: 183-200.
- THOMPSON, B. H., Jr. 2000. Tragically difficult: the obstacles to governing the commons. Working paper no. 187, John M. Olin Program in Law and Economics, Stanford Law School.
- TRIMBLE, M. e F. BERKES. 2015. Towards adaptive co-management of small-scale fisheries in Uruguay and Brazil: lessons from using Ostrom's design principles. *Maritime Studies* 14:14.
<http://www.maritimestudiesjournal.com/content/14/1/14>
- WORM, B., E. B. BARBIER, N. BEAUMONT, J. E. DUFFY, C. FOLKE *et al.* 2006. Impact of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* 314: 787-790.
- WORM, B., R. HILBORN, J. BAUM, T. A. BRANCH, J. S. COLLIE *et al.* 2009. Rebuilding global fisheries. *Science* 325: 578-585.

CAPÍTULO 1

Environmental regulations and the social landscape of the sea: towards a transition for the co-management of fisheries and marine biodiversity in Brazil

ABSTRACT. Marine protected areas (MPAs) and other environmental regulations aim to protect biodiversity-based ecosystem processes and renew fish stocks. However, the extent to which environmental legislation achieves its goals is largely unknown. Assessing the degree of congruence between regulations and fishing dynamics at the regional scale is a basic step to improve the co-management of marine resources. We used data from 196,521 fishing trips to describe fishing dynamics along the São Paulo State coastline (Brazil) from 2009 to 2014. We characterized geographical patterns of fleets mobility and spatiotemporal variation of target species and fishing gears. Artisanal fleets operate mostly along the the coastline, whereas industrial fleets prevail away from the continent. Most frequent target species were *Xiphopenaeus kroyeri*, *Sardinella brasiliensis*, and *Micropogonias furnieri*. However, captures have strong interannual and spatial variation, with *X. kroyeri* being predominant along the coastline, *M. furnieri* at intermediate distances from the continent and *S. brasiliensis* at distant blocks. Gillnets were the most frequent fishing gear, but are mostly restricted to the coastline. Double trawlers, the second most frequent fishing gear, were recurrent in distant blocks in the northeast of the region. Catches were higher in blocks closer to the continent. The intersection of vessels' base municipality, fishing gear, and operational scale defined 52 fleets formed by a majority of artisanal vessels (87%) showing a median mobility of 10 km/trip. Fleets operating at the industrial scale travel from 30 to 100 km/trip. We discuss strategic pathways to promote co-management of fisheries and biodiversity at the regional scale: (i) adapting general regulations to small-scale fishing dynamics (ii) strengthening the ecological basis of existing environmental regulations, (iii) designing a functional MPAs network at the regional scale, and (iv) bridging institutions and communities to improve data quality and participatory governance.

KEYWORDS: co-management transition, community-run fisheries, fisher mobility, marine protected areas, polycentric governance, the tragedy of commons.

RUNNING TITLE: Biodiversity and fisheries in Brazil

INTRODUCTION

The design of integrative policies for sustainability, socio-productive inclusion, and food security challenges contemporary societies (GODFRAY *et al.*, 2010; BERRY *et al.*, 2015). The idea of the tragedy of the commons -- the universal problem of conciliating individual production and the conservation of common-pool resources -- illustrates the heart of such a challenge. The tragedy of the commons posits resource depletion is unavoidable when free individual agents maximizing current gains explore common resources (HARDIN, 1968). The long-term maintenance of common resource pools would thus require regulations by external authorities or self-regulatory rules (FEENY *et al.*, 1990). Potential solutions for the commons dilemma include government regulation, privatization, and self-management by local communities (HARDIN, 1968; LEAL, 1998). However, no simple static rule set by governments, markets, or communities has proven to be a universal solution for common resource depletion (THOMPSON, 2000; SINDEN, 2007). On the other hand, the inclusion of resource users in decision-making is a feature shared by many successful management approaches, suggesting social participation is key for regulations to fit the ever-changing nature of institutions and resources (GRAFTON, 2000).

The perception that local communities and State institutions can and should act together in resource management is leading to cross-scale, multi-institutional approaches to socio-ecological systems (OSTROM *et al.*, 2002; DOOLITTLE, 2014). Indeed, a "reinvention of resource management is underway", implying resource governance schemes that "... accommodates diverse views, shared learning, and the social sources of adaptability, renewal, and transformation" (ARMITAGE *et al.*, 2009). The idea of co-management captures the essence of the new resource governance paradigm. Co-management can be seen as "a problem-solving process" (CARLSSON and BERKES, 2005) bridging institutions and communities to promote the polycentric governance of common-pool resources, such as forests, grazing lands, watersheds, protected areas, and fisheries (BERKES, 2009). Coastal fisheries illustrate current challenges for the co-management of common-pool resources (e.g., POMEROY, 1995). Ideally, fisheries co-management should ensure economic efficiency, sustainable harvesting, and social equality (BÉNE

and NEILAND 2006; BREWER and MOON, 2015). However, several anthropogenic issues, such as overfishing, pollution, and biodiversity loss, threaten coastal ecosystems and the long-term persistence of fish stocks (CROWDER and NORSE 2008; SALE *et al.*, 2014). The design of effective regulations facing the complexity of fisheries co-management depend on information provided by fishers, industries and scientific institution in order to conciliate sectorial goals of fishers to ecosystem-level sustainability (LINKE and BRUCKMEIER, 2015). In addition, the empirically-informed coordination of such cross-sectorial goals demand systemic approaches to policy planning (HILBORN, 2007; JAY *et al.*, 2012).

Marine spatial planning (MSP) is an ecosystemic approach to spatial resource management that can conciliate fisheries profitability and biodiversity conservation (HILBORN, 2007; GURNEY *et al.*, 2015). MSP relies on marine protected areas (MPAs) to conserve biodiversity and ecosystem functions (GUBBAY, 2004; HILBORN *et al.*, 2004; JAY *et al.*, 2012), creating spillover effects that renew populations of target and non-target species in nearby fishing areas (HILBORN *et al.*, 2004; HUTCHINGS *et al.* 2010; SRINIVASAN *et al.*, 2010; HAIMOVICI *et al.*, 2014). Hence, MPAs counterbalance negative effects of overfishing on marine biodiversity (MYERS and WORM, 2003; PAULY and PALOMARES, 2005), ecosystem services (WORM *et al.*, 2006) and fisheries (SRINIVASAN *et al.*, 2010). Marine spatial planning also demands high-quality information on the spatiotemporal allocation of human activities (EHLER and DOUVERE, 2009, 2015; QUIU and JONES, 2013). Multiple socio-economical aspects (SALE *et al.*, 2005) define how local communities use the marine space, defining the "social landscape" of the sea (MARTIN and HALL-ARBER, 2008; CARNEIRO *et al.*, 2013). The contextualization of MPAs within marine social landscapes is a critical step towards co-management (SALE *et al.*, 2005; KOFINAS, 2009; WORM *et al.*, 2009). Adaptations of environmental regulations based on the social use of marine resources improve their social legitimacy (JENTOFT, 2000a; LÉDÉE *et al.*, 2013) and represent a first step towards regional zoning plans that capitalize on existing MPAs and other regulations (MARTIN and HALL-ARBER, 2008; COX *et al.* 2010; AGARDY *et al.*, 2011; TRIMBLE and BERKES, 2015).

We here describe spatiotemporal patterns of fisheries along the São Paulo State coastline (Southeast Brazil) between 2009 and 2014. Our study represents a basic step towards the co-management of marine biodiversity and fisheries along the São Paulo State coastline. Although the Brazilian Strategic National Plan of Protected Areas states that MPAs shall conciliate biodiversity conservation and the maintenance of fishery stocks (BRAZIL, 2006), information gaps still preclude the design of integrative strategies of marine management and limit decision-making (AMARAL and JABLONSKI, 2005). Specifically, we used high-quality datasets describing the geographic mobility of local fleets and fishing patterns, including geographic and temporal variation of most frequent target species and fishing gears. We also evaluated the degree of convergence between these fishing patterns and the restrictions imposed by different MPAs and other spatial environmental regulations. We addressed the following questions: (i) how artisanal and industrial fisheries fleets use marine resources along the São Paulo State coastline?, (ii) To what extent the actual fishing dynamics at the local and regional scales fit current spatially based environmental regulations?, and (iii) How the comanagement of fisheries and biodiversity at the regional scale can improve environmental regulations?

METHODS

Study region

The study region includes the Southern and Central coastal areas of São Paulo State, Brazil (Fig. 1), which hold six MPAs subject to different legal protection and use regimes (Table 1): the Tupiniquins Ecological Station (ESECTup) (BRAZIL, 2008), the *Laje de Santos* Marine State Park (PEMLS) (SÃO PAULO, 1993b), the *Litoral Centro* Marine Environmental Protection Area (APAMLC, sectors Carijó and Itaguaçu) (SÃO PAULO, 2008a, 2012, 2013b), the *Litoral Sul* Marine Environmental Protection Area (APAMLS) (SÃO PAULO, 2008b e 2013b), the *Ilhas do Abrigo e Guararitama* Wildlife Refuge (SÃO PAULO, 2013b) and the marine sector of the Xixová-Japuí State Park (PEXJ) (SÃO PAULO, 1993a). Overall, protected areas cover 48% of the studied

region. In addition to MPAs, a variety of additional regulations apply to fisheries along the São Paulo coast (SÃO PAULO, 2015).

As the study region is adjacent to the large metropolitan areas of São Paulo and Santos cities, it experiences severe environmental and social pressures (SARTOR, 2015). Regional limits are set by two of the most important Brazilian ports - Santos and Paranaguá - the former being the leading port and accounting for no fewer than 27% of the trade in Brazilian ports in 2014, whereas the latter accounted for 11.9% in the period (ANTAQ, 2015). The recent discovery of extensive offshore oil reserves along the Santos Bay added oil pollution to the list of threats to biodiversity and local communities.

We studied the volume delimited by (i) marine areas adjacent to the coastline between the Santos Bay and the São Paulo-Paraná inter-state border (Fig. 1) and (ii) the water column between the coastline and the 50-m-isobaths, except for the Itaguaçu sector (APAMLC), for which we considered the entire depth range. We used cartographical information from the Brazilian Institute of Geography and Statistic (IBGE, 2015a) and from the Brazilian Geological Service (CPRM, 2009). The Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBIO, 2015) and the São Paulo State Secretary of Environment (SÃO PAULO, 2015) provided data on the distribution and delimitation of MPAs. We performed all the spatial analyses and data processing using the software Quantum GIS (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2015) under Datum SIRGAS 2000 (IBGE, 2005 e 2015b).

Datasources for fisheries and environmental regulations

The *Monitoring of Marine and Estuarine Fishing Program* (PMAP/São Paulo State Fisheries Institute) provided data on captures per fish category, fishing effort, gears, fishing grounds, and communities. The PMAP dataset combines the census method for interviews with fishers and vessels owners (FAO, 1998) and board maps or fishing landing records (ÁVILA-DA-SILVA *et al*, 2007). Departing from 428.258 geo-referred fishing trips in the study region between 2009 and 2014, we obtained a subset of 196,521 trips (45.9% of the total) within the study region. Fish categories refer to common names and, therefore, not necessarily refer to biological species. Hence, a category can

hold organisms from different taxonomic groups. Our dataset does not include all fishing trips occurring within the study region, as we do not have information for trips landing in other Brazilian states. To support the contextualization of fishing patterns in relation to environmental regulations, we considered MPAs and other spatially explicit fisheries regulations whose geographic distributions can be found in the Map of Sustainable Fisheries (SÃO PAULO, 2015).

Spatial analyses

We divided the study region in 62 squares with a side size of 10 nautical miles (NM), a value equivalent to 1,852 m. Therefore, the square area is 3.43 km². We used a square as the unit for spatial analysis, aggregating data from all fishing trips within its area regarding catches, number of fishing trips, and vessel mobility (CARNEIRO, 2013). We excluded squares with less than 5% of their area within the study region and incomplete squares arising from coastline irregularities whose areas were less than 5% of a complete square. Whenever a vessel used two or more squares during a single fishing trip, the fishing effort and the total catch were equally divided by all visited squares. A "block" hereafter is a synonym for square. We used the software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013) and its packages *pgirmess* (GIRAUDOUX, 2015) and *ggplot2* (WICKHAM, 2009) to perform all statistical analyses.

Fleets: definition and geographical mobility

We defined a "fleet" as the set of vessels (i) based on the same municipality, (ii) using functionally equivalent fishing gears, and (iii) operating at the same (artisanal or industrial) scale. We grouped functionally similar fishing gears to improve the number of records per category and, hence, statistical consistency. For example, "gillnets" include records of "bottom set gillnets", "entangling nets", and "diverse drift nets". To assign scale categories, we used gross tonnage (GT) as a proxy for vessels' operational range. Artisanal vessels are thus those with less than 20 GT, whereas the tonnage of industrial vessels exceeded this value. The ProPesqWEB database hosted by the São

Paulo Fisheries Institute provided the data used to characterize the fleets. We did not consider the fleets with less than 50 fishing trips during the study period.

We used distances of fishing trips to characterize the geographic mobility of fleets. The trip distance is the line between the origin point and the centroid of the square where the fishing activity occurred, i.e., the fishing site. Each origin point is also a landing place, comprising one to several close landing sites within a municipality. We compared the geographic mobility among fleets using the Kruskal-Wallis test (ZAR, 2009). As we detected significant differences among the distances of disparate fleets, we proceeded to compute a multiple comparison *a posteriori* test (SIEGEL and CASTELLAN, 1988), in order to identify the fleets related to the observed significant differences.

RESULTS

Geographic patterns of fishing activities

Fishing trips rarely exceed a distance of 25 km from the continent (Fig. 2). All blocks whose edges touch the continent had more than 1,000 fishing trips from 2009 to 2014. About 18% (32,974 trips) of fishing trips occurred along the coastline of the southernmost towns, Cananeia and Iguape. The northernmost limit of the region, between Praia Grande and Santos/Guarujá, accumulated 14% (27,412 trips) of fishing trips. Areas away from the continent rarely exceeded a total of 100 accumulated trips/block. The distant blocks between *Laje da Conceição* and the Queimada Grande Island (Fig. 2) were exceptions, accumulating from 100 to 1,000 fishing trips each during those years.

Fleets from nearby municipalities prevail in squares adjacent to the coast, whereas fleets from Santos/Guarujá prevail in distant blocks (Fig. 3). The hegemony of Santos/Guarujá vessels is limited at the southernmost limit of the study region, where vessels from Cananeia prevail in distant blocks (Fig. 3). The study region is a major fishing area for fleets based on São Paulo State, but the magnitude of fishing trips and catches varies widely among municipalities (Tab. 2). Vessels from Itanhaém, Mongaguá, Peruíbe and Praia

Grande perform more than 95% of their trips and catches within the region. Ilha Comprida also shows a similar degree of dependence, as its fleets concentrated 90% of trips and 73% of catches in the region. Conversely, three municipalities (Cananeia, Iguape, and Santos/Guarujá) show lower dependence with nearly half of their trips (range from 41% to 56%) and variable catches (ranging from 37% to 75% of each fleets' total catches) in the region. Although the relative importance of the region for fleets from Santos/Guarujá is low, these vessels catch in the region more than two times the biomass extracted by all other municipalities together. Fleets from São Vicente are infrequent, destining 15% of their trips to the area and acquiring there about 7% of their catches. Finally, fleets from northern municipalities (Bertioga, Caraguatatuba, Ilhabela, São Sebastião and Ubatuba) fish only eventually within the region.

Spatial and interannual variation of fishing products

Fleets from 15 municipalities of São Paulo extracted 199 fish categories from the study region between 2009 and 2014. The ten most frequently captured categories corresponded to 70% (37,158 t) of landed biomass. The most frequently captured biological species were *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862), *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), and *Micropogonias furnieri* Linnaeus, 1766 (Fig. 4A). However, the ranking of captures (biomass) shows a strong interannual variation, and also co-variation among species sets (Fig. 4B).

The frequency of most captured species also varies geographically. For example, captures of *X. kroyeri* occur predominantly along the coastline, particularly in central areas between Praia Grande and Peruíbe and in southern areas between Ilha Comprida and Cananeia (Fig. 5). However, at Iguape, at the southernmost area, *X. kroyeri* is replaced by *Anchoviella lepidentostole* (Fowler, 1911) as the top fishing item close to the continent (Fig. 5). *M. furnieri* represents a major fishing target in blocks at an intermediate distances from land and captures of *S. brasiliensis* prevail across more distant blocks (Fig. 5).

Geographic patterns of gears use

Gillnets were the main fishing gear across the region during the entire study period. However, their use was limited to blocks close to the continent. Double trawls are the second most frequent fishing gear, being particularly recurrent at distant blocks and in the northeast of the region. Extractivism is frequent at Cananeia and in the southern part of Peruíbe (Fig. 6).

Geographical patterns of productivity (biomass/ fishing trip)

The most productive blocks are those adjacent to Praia Grande, São Vicente, and Santos/Guarujá, Iguape, Cananeia, and Peruíbe. There is a particularly high productivity adjacent to the Jureia-Itatins Mosaic, what demonstrates the spillover effects next to Juréia-Itatins protected areas. An intermediate productivity characterizes the blocks surrounding *Laje de Santos*, Queimada Grande Island, Itanhaém, Cananeia, and to the deep-water blocks in front of the Jureia-Itatins Ecological Station. Ilha Comprida blocks and most blocks at deeper profundities had low productivity.

Characteristics and geographic mobility of fishing fleets

Our criteria delimited 52 fleets operating in the region (Tab. 4). The majority (87%) of these fleets are artisanal, whereas industrial fleets comprise 13% of them. Fleet diversity was greater at Santos/Guarujá (12 fleets: 7 artisanal and 5 industrial) and at Cananeia (12 fleets: 10 artisanal and 2 industrial). Most artisanal fleets show low geographic mobility, with a median trip distance below 10 km, (indicated by the continuous line in Fig. 8). Artisanal fleets involved in extractivism and hand trawls traveled farther than the median value (about 17 km), but along the coast instead of to the open-sea direction. Cananeia's pot fishing, Bertioga's double trawls, and Ubatuba's drifnets vessels were the only artisanal fleets actually travelling long distances in relation to the continent. However, distances computed for Bertioga's double trawls and Ubatuba's gillnets should be taken with caution refer to a small number of long-distance trips performed by upstate-based vessels. Regarding the industrial scale, most fleets traveled a median distance from 30 km to 100 km.

Santos/Guarujá fleets using octopus traps set the upper limit for median trip distances, with almost 113 km. The Cananeia double trawl fleet had a median trip distance of 30 km, although the corresponding third quartile was of 84 km.

Fleets differed in their geographic mobility (Kruskal-Wallis $K = 95543.39$, g. l. = 53, $p < 2.2e-16$). The *a posteriori* test showed that, at the municipality level, fleets do not differ in their geographic mobility and form cohesive groups. Cananeia was an exception, as the trip distances of its fleets are heterogeneous due to fishing gears associated both to low mobility, such as those using hand trawls and demersal longline, and high mobility, such as artisanal pot fishing, double trawls, and industrial gillnets. Extractivist fisheries from Cananeia differ from other artisanal fleets and from extractivist fisheries from other municipalities due to an idiosyncratic pattern of movements within a specific area, named *Mar Pequeno*. Fleets based at Santos/Guarujá belong to one of two groups. The first includes artisanal fleets of low mobility using spears, simple trawls, demersal longline, extractivism, and diverse lines. The second group includes industrial fleets of high mobility using double trawls, gillnets, pair trawls, seines, and octopus traps. Industrial fleets in the latter group had higher geographic mobility. Artisanal fleets from all municipalities, except for Cananeia, form a cohesive group characterized by a low mobility.

Considering records including depth information (35,5% of the data), artisanal fleets operate at depths lower than 20 m, except for Ubatuba's gillnets that explore up to 85 m depths (Fig. 9). Among industrial fleets, gillnets from Cananeia and Santos/Guarujá operate at lower depths, ranging from 20 to 30 m, whereas vessels with double trawls, seines, pair trawls, and octopus traps often explore depths from 30 to 100 m).

DISCUSSION

Multiple experiences worldwide support the co-management of socio-ecological system (OSTROM, 2009; COX *et al.*, 2010; TRIMBLE and BERKES, 2015), particularly in North America and Europe (QUIU and JONES, 2013; SALE *et al.*, 2014). In Brazil, conflicting interests of artisanal fishers, industrial fleets, and government agencies appears as a major challenge for the co-

management of marine resources (TRIMBLE and BERKES, 2015). Facing such a challenge require policies benefitting from scientific information facilities (ÁVILA-DA-SILVA *et al.*, 2007; FIGUEIREDO *et al.*, 2002; HAIMOVICI *et al.*, 2004), existing environmental legislation (SÃO PAULO, 1998; 2013a; 2015; BRAZIL, 2006; PRATES, 2007), and political coordination of governmental and non-governmental actors currently discussing the future of marine management in Brazil (PRATES and BLANC, 2007; FREITAS *et al.*, 2014).

Rethinking environmental regulations based on fishing dynamics is a basic step for the development of co-management systems (see Table 1 in TRIMBLE and BERKES, 2015). In what follows, we contrast the patterns of fishing dynamics we just described to aspects of the Brazilian environmental regulations in order to gain insight into pathways to promote the co-management of fisheries and biodiversity in São Paulo.

Adapting general regulations to small-scale fishing dynamics

Artisanal and industrial fleets had contrasting degrees of geographic mobility (Fig. 2) and also differed in the use of fishing gears (Fig. 6). These two features of the "social marine landscape" (MARTIN and HALL-ARBER, 2008) contrast to a much more homogenous landscape of regulations. Increasing the congruence between legislation and fishing dynamics demands the adaption of legislation to basic aspects of navigation, fleets and fisher communities and the mitigation of negative impacts imposed by fisheries to marine biodiversity.

The case of gillnets, the most used fishing gear at the regional scale, is a compelling example illustrating the need of fitting legislation and characteristics of fleets. Regulations currently preclude gillnetting by all motorized vessels across 1 NM along the coastline and, for vessels with more than 20 GT, such no-take zone extends up to 3 NM (MPA/MMA, 2012). The São Paulo Ecological-Economical zoning imposes an additional fishing restriction to vessels with more than 12 m at the zone Z2M of Santos sector (SÃO PAULO, 2013a). The two latter restrictions do not apply to the majority of the 132

gillnetting vessels operating in the study region, as 92% have a gross tonnage lower than 20 GT and the length of 81% of them is smaller than 12 m (MPA, 2015). Motorized vessels are thus excluded from the area delimited by a 1 MN line from the coastline, a fact conflicting with a basic aspect of small-scale fisheries in the region. Small artisanal vessels often face river mouth bars that are under substantial wave attacks, making non-motorized trips highly unsafe. In addition, small-scale fisheries performed by motorized vessels within the 1 MN no-take zone are the major economical source for many local fisher communities operating low mobility fleets. These strong incongruences between small-scale fishery dynamics and legislation recall us the need of reconciling general regulations and the socio-economic features and aspirations of local communities (ORACION *et al.*, 2005).

Environmental regulations also need to change in order to properly address widely recognized threats to marine biodiversity, such as trawling techniques that drive local extinctions of benthic species and lead to losses of ecosystems functions (THRUSH and DAYTON, 2002). In our study, double trawls were the second most common gear, and simple and pair trawls also appear in the rank (Fig. 6). The focal species of trawling is *X. kroyeri*, which is also the most captured species across the entire region (Fig. 5). Conforming to similar trends documented for shrimp trawling worldwide, bycatches resulting from the low selectivity of *X. kroyeri* trawling severely impacts local marine assemblages (e.g., RODRIGUES-FILHO *et al.*, 2011). Several legal restrictions currently apply to trawling in the study region, such as the exclusion of trawling with doors and pair trawling within a distance of 1.5 NM from the coastline for vessels with more than 10 GT (SUDEPE, 1984). In addition, the State's ecological-economical zoning precludes trawling by motorized vessels within the Z2ME zone of Santos sector (SÃO PAULO, 2013a). However, 92% of 337 vessels authorized for trawling have a gross tonnage lower than 10 GT and 91% of them are shorter than 12 m (MPA, 2015). Therefore, the only spatial restriction for trawling that applies to the majority of fleets is the Z2ME zone, i.e., a distance of only 800 m from the beaches (MPA, 2015).

Such a permissive scenario for trawling is incompatible with the general understanding that trawl restriction zones should be extensive or even universal

(JONES, 1992; ALVERSON *et al.* 1994; KELLEHER, 2005). Trawling has been subject to extensive restrictions in Venezuela and Ecuador, where industrial trawling is officially banned (VENEZUELA, 2009; ECUADOR, 2012); Chile, whose 117 seamounts are protected from trawling (CHILE, 2013); and Costa Rica, where new trawling licenses are no longer granted (COSTA RICA, 2013). It has argued that the United Nations should impose a general moratorium to high seas bottom trawling, as a strategic action to conserve deep-sea biodiversity in international waters (GIANNI, 2004). For Brazil, a definitive ban of industrial trawling should be considered alongside with specific restrictive regulations of artisanal trawling vessels. In the study region, restrictions apply uniquely for pair trawling, which is forbidden up to the isobaths of 23.6 m (SÃO PAULO, 1998) and in MPAS listed in Table 1, surpassing 50% of the region. Nevertheless, at least 15 vessels still operate pair trawling, suggesting economical demands would require alternative shrimp sources in the case of a complete ban of trawling modalities. However, the usual alternative of commercial shrimp farming (e.g., CAVALLI *et al.*, 2008) has been related to negative socio-ecological effects on its own, including impacts on human health (e.g., HOLMSTRÖM *et al.*, 2003). A reasonable long-term solution would be to definitively ban industrial trawling and to establish criteria for small-scale, artisanal shrimp trawling. Such measures would represent a turning point for the regional marine landscape, as the severe impacts of industrial trawling would be mitigated and, simultaneously, the commercial value of shrimps extracted by artisanal vessels would increase and reinforce the sustainability of the scheme.

Strengthening the ecological basis of environmental regulations

As the major spatial unities for the application of ecological knowledge to environmental management, marine protected areas play a key role for both the conservation of marine biodiversity and fish stocks renewal (GUBBAY, 2004; HILBORN *et al.*, 2004). Therefore, furthering the integration of policies and institutions towards ecosystem-based approaches to marine spatial planning critically depends on rethinking the statuses of marine protected areas and the types of spatial restrictions they impose. The geographic and temporal variability of fishery products within our study region illustrate the challenge of

rethinking a regional structure of MPAs aimed to reinforce protection to ecological processes. A basic premise of any effort to remodel the regional system of MPAs is its inception into, large-scale marine spatial planning and ocean zoning efforts (AGARDY *et al.*, 2011). For example, the geographic distributions of many marine species or ecosystem processes extend beyond the jurisdiction of state- and nation-wide regulations (WILKINSON, 1999). In what follows, we focus on infra-regional measures that could improve ecological sustainability.

Establishing and investigating hypotheses to explain the spatiotemporal variability of fish species use is the first step to incorporate the understanding of ecological processes as the basis of a regional system of MPAs thought as tool for the co-management of marine biodiversity and fisheries. Geographic variation in fishery products may be a consequence of species distributions and abundances changing across space. The development of species distribution modeling (see FRANKLIN, 2013) thus could improve the understanding of the biogeographical and ecological basis of fishing dynamics at the regional scale.

A variety of other mechanisms have the potential to explain the strong temporal variation observed in the relative importance of fisheries products, including oceanographic and climatic changes affecting the resources and ecophysiological tolerances of fish species, which in turn affect diversity and abundance patterns (ATTRILL and POWER, 2002). Alternatively, interannual variation in the biomass of commercially relevant species may arise from anthropogenic processes, such as overfishing. Brazilian marine ecological communities are under strong effects of overfishing, such as one of the most severe known decays of the average trophic level (FREIRE and PAULY, 2010; HAIMOVICI *et al.*, 2014). Figure 4B suggests the existence of species sets whose abundances co-vary through time. Such covariation may be related to overfishing because species sharing behavioral, morphological or life-history traits would be subject to (over)fishing by similar fleets and jointly experience population declines during subsequent periods. Further studies are needed to test whether the species showing biomass covariation (Fig. 4B) share such traits and are subject to the action of the same fleets.

This brief summary of potential mechanistic explanations for the spatiotemporal variation of fishing dynamics illustrates the scientific uncertainty and the need of social learning facing the ever-changing, multi-scale nature of complex socio-ecological systems (ARMITAGE *et al.*, 2009; AGARDY *et al.*, 2011). Furthering a new view of marine biodiversity conservation encompassing ecological and socio-economic processes requires regional co-management systems fed by high-quality information.

MPAs as cornerstones for marine biodiversity and fisheries policies

The building of co-management for biodiversity and fisheries critically depend on public policies that take advantage from institutional backgrounds to shape legal, social, and scientific basis for marine spatial planning (CARLSSON and BERKES, 2005; TRIMBLE and BERKES, 2015). Particularly, the revision of ecological and economical roles of MPAs can potentialize the co-management of marine socio-ecological systems (HILBORN *et al.*, 2004; ARMITAGE *et al.*, 2009; AGARDY *et al.*, 2011). The basic role of MPAs is to conserve ecological and evolutionary processes that shape biodiversity (KINNISON and HAIRSTON, 2007). The extent to which the regional system of MPAs currently accomplishes such a goal is questionable. Strict no-take zones comprise only 4% of the region, a percentual corresponding to the full protection MPAs plus the Itaguaçu sector of *Litoral Centro* Environmental Protection Area (Table 1). A small additional no-take zone is defined by a radius of 300 m surrounding the Bom Abrigo Island, at Cananeia (SUDEPE, 1987). Therefore, even considering that the MPA system covers up to 48% of the study region, included no-take zones are quite restricted and their effectiveness for biodiversity conservation and fish stocks renewal remain largely unknown. An in-depth reevaluation of marine protected areas and other environmental regulations based on fishing dynamics can help local communities and government agencies to achieve consensus regarding their goals (DAY, 2008),

An empirically informed revision of the regional MPA system could generate a network of no-take zones whose sizes and localization can be planned to enhance biodiversity strategies. For example, no-take zones are

widely recognized as a tool to recover populations of overfished species (PRATES, 2007; PRATES *et al.*, 2012). We identified a spatial block of high value for biodiversity conservation and fish stock renewal at Jureia, in Peruíbe. The productivity (biomass/trip) of the Jureia block was outstanding within the study region (Figs. 2 and 7), suggesting that it probably is a source of spillover effects, i. e., a site from which larvae, juveniles, and disperse to increase the abundance of commercial fish species in adjacent areas. The potential creation of a no-take zone at the Jureia block could be associated to incentives to the ecotourism as a measure to counterbalance negative economic effects that fishing suppression will impose on local fisher communities.

Other high productivity zones, similar to the Jureia block, remain to be identified by the decades-long temporal fisheries series systematically collected by the São Paulo State Government (ÁVILA-DA-SILVA *et al.*, 2007, CARNEIRO *et al.*, 2013). A proper mapping of high productivity blocks would inform the design of a network of no-take zones, amplifying spillover effects and increasing fisheries profitability at the regional scale. Amplification of spillover effects by geographical networks of no-take zones arises from increase matrix connectivity (GAINES *et al.*, 2010). By improving the resilience of local fish populations, the system of no-take zones would allow the assignment of temporary zones for artisanal trawling. Novel no-take zones could also strategically include marine habitats that are currently under-represented in MPAs, such as intertidal regions.

We envisage a functional network of MPAs (GAINES *et al.*, 2010; MCCOOK *et al.*, 2010) for the study region based on three major elements. First, a set of permanent no-take zones whose sizes, placements, and connecting corridors represent the backbone of the regional co-management strategy. Importantly, no-take zones and adjacent areas should be the subject of scientific research and monitoring providing information to feed the broader co-management system (COX *et al.* 2010; TRIMBLE and BERKES, 2015). The second component of this functional network would encompass an extensive mosaic of areas for sustainable use to be used by different fleets. These areas would be designed for regular artisanal and industrial fisheries, benefiting from improved catches resulting from spillover effects. The placement and duration

of this type of zoning would be defined by co-management systems, i.e., a multi-institutional network performing marine spatial planning. The co-management network would handle issues arising from the redistribution of fishing sites that is likely to occur after the implementation of a new zoning (FREITAS *et al.*, 2013). Finally, a third component of the MPAs system would be a set of complementary regulations mitigating effects of environmentally aggressive fisheries that cannot be immediately replaced without severe economic consequences for local fisher communities. For instance, the fishing activities of Itanhaém, Mongaguá, Peruíbe, Praia Grande and Ilha Comprida rely on blocks adjacent to the coastline (Fig. 3). At least in the short term, permissive zones (e.g., zones for shrimp trawling) would be necessary in these blocks to ensure the economic viability of local fisher communities. Such a heterodox strategy demands the scientific validation of the critical assumption that synergetic spillover effects at the regional level suffice to maintain fish stocks.

Surprisingly, the implementation of a functional MPAs network supporting regional-scale co-management would be simple from the institutional and juridical perspectives. Brazilian MPA system include a flexible category, the Environmental Protection Area (*Área de Proteção Ambiental - APA*) destined to coordinate the use of space and natural resources by establishing proper rules and restrictions (BRAZIL, 2000). Therefore, APAs already have the legal competence to define and apply internal regulations covering finalities of all other existing MPA categories. Therefore, institutional conditions are set for a functional network of MPAs, making the co-management of biodiversity and fisheries at the regional scale a short-term goal. An agreement between the federal and state governments should be enough to trigger the co-management of a functional network of MPAs. Specifically, we suggest that the process should depart from existing Environmental Protection Areas, namely the APAs *Litoral Centro* and *Litoral Sul*. The reason for such a choice is that these MPAs already have administrative instances that incorporate social movements, communities, and NGOs in decision-making, thus ensuring the social participation that defines the co-management of common pool resources. Departing from these well-established institutional conditions, the next step

would be the choice of conceptual and methodological approaches required for the building of multi-scale marine co-management (ALLNUT *et al.*, 2012)

Bridging institutions and communities

We synthesized data describing the fishing dynamics along the São Paulo coastline seeking to gain insight into regional-scale strategies that would improve biodiversity conservation and fishstocks renewal. We concluded that a new paradigm of functional MPAs has the potential to work as the backbone of a geographic mosaic of regulations that will improve the understanding and management of spatiotemporally variable fishing dynamics. Our proposal conforms to the notion that geographic networks of marine protected areas hold promising solutions to integrate the ecological and economical goals of MPAs (GAINES *et al.*, 2010). The existing system formed by static and administratively isolated unities is likely to have insufficient conservation effectiveness, particularly for highly mobile species and most ecosystem processes (ROBERTS *et al.*, 2001; AGARDY *et al.*, 2011; SALE *et al.*, 2014). In addition, geographic networks of MPAs promote social participation in the complex process of adjusting conservation strategies to the scales that are relevant to conserve marine species (PAULY *et al.*, 2003; PALUMBI, 2004). The implementation of a MPA network that is associated to adaptive regulations (rules that change to fit new information on biodiversity and fishing dynamics) require the integration of multiple government levels and local communities (WEEKS and JUPITER, 2013). The mediation between general and local regulations require politically coordinated actions performed by public institutions of fisheries management and conservation agencies, under the framework defined by the National Policy for the Sustainable Development of Traditional People and Communities (BRAZIL, 2007).

Rather than a utopic dream, the multi-institutional co-management of marine biodiversity and fisheries is a strategic step towards conservation strategies based on social participation and economical viability. The inclusion of local communities as legitimate players within governance schemes is necessary to improve information supporting ecosystem-level management and

to legitimate regulations before local communities (JENTOFT, 2000a, b; CASTREJON and CHARLES, 2013). For regions, such as Brazil, in which co-management and marine spatial planning are still in the embrionary phase, the power of geo-technologies associated to existing fisheries databases appear as an opportunity to make the "social marine landscape" (MARTIN and HALL-ARBER, 2008) visible. Further data synthesis on community-run fisheries should be conjugated to the knowledge of traditional people and artisanal fishers (CARNEIRO *et al.*, 2014) to enhance social learning and improve conditions for co-management to succeed (BERKES, 2009). Importantly, the inception of community-based sources of information on biodiversity and fishing dynamics may improve the resolution of conflicts between resource users and government, which are commonplace in South America (TRIMBLE and BERKES, 2015). Indeed, enhancing social participation by including local communities in the processes of knowledge construction may be the key for the achievement of long-term solutions for the tragedy of the commons at the sea.

ACKNOWLEDGMENTS. CGG thanks the Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) for supporting this work, Marcus Henrique Carneiro, Acácio Ribeiro Gomes Tomás (Instituto de Pesca) and Roberta Aguiar dos Santos (ICMBio), for suggestions, and Jorge Santos for technical support with data processing.

REFERENCES

- AGARDY, T., G. N. DI SCIARA and P. CHRISTIE. 2011. Mind the gap: addressing the shortcomings of marine protected areas through large scale marine spatial planning. *Marine Policy* 35: 226-232.
- ALVERSON D.L., M.K. FREEBERG, S.A. MURAWSKI and J.G. POPE. 1994. A global assessment of fisheries bycatch and discards. FAO Fisheries Technical Paper No 339 Rome, FAO 1994.
- ALLNUT, T. F., T. R. MCCLANAHAN, S. ANDRÉFOUËT, M. BAKER, E. LAGABRIELLE, *et al.* 2012. Comparison of marine spatial planning methods in Madagascar demonstrates value of alternative approaches. *Plos One* 7(2): e28969.

- AMARAL, A.C.Z. and S. JABLONSKI. 2005. Conservação da biodiversidade marinha e costeira no Brasil. *Megadiversidade* 1: 43-51.
- ANTAQ. 2015. Anuário Estatístico Aquaviário. <http://www.antaq.gov.br/anuario/>. Consultado em 21 de setembro de 2015.
- ARMITAGE, D. R., R. PLUMMER, F. BERKES, R. I. ARTHUR, A. T. CHARLES *et al.* 2009. Adaptive co-management for social–ecological complexity. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7: 95-102.
- ÁVILA-DA-SILVA, A.O.m M. H. CARNEIRO, J. T. MENDONÇA, G. J. M. SERVO, G.C.C. BASTOS *et al.* 2007. Produção pesqueira marinha do Estado de São Paulo no ano 2005. *Série Relatórios Técnicos*, São Paulo, 26: 01-44. Available at www.pesca.sp.gov.br/publicacoes.php
- ATTRILL, M. J. and M. POWER. 2002. Climatic influence on a marine fish assemblage. *Nature* 417: 275-278.
- BERKES, F. 2009. Evolution of co-management: role of knowledge generation, bridging organizations and social learning. *Journal of Environmental Management* 90: 1692-1702.
- BÉNÉ, C. and A. E. NEILAND. 2006. From participation to Governance. WorldFish Center, Penang, and CGIAR Challenge Program on Water and Food, Colombo
- BERRY, E. M., S. DERNINI, B. BURLINGAME, A. MEYBECK and P. CONFORTI. 2015. Food security and sustainability: can one exist without the other? *Public Health Nutrition* 18: 2293-22302.
- BRAZIL. 2000. Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225 §1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Available at http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm
- BRAZIL. 2006. Decreto Nº 5.758, de 13 de Abril de 2006. Institui o Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas – PNAP, seus princípios, diretrizes, objetivos e estratégias, e dá outras providências. Available at http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5758.htm
- BRAZIL. 2007. Decreto Nº 6.040, de 07 de fevereiro de 2007. Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais. Available at http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6040.htm
- BRAZIL. 2008. Plano de Manejo da Estação Ecológica dos Tupiniquins. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 403 p.
- BREWER, T. D. and K. MOON. 2015. Towards a functional typology of small-scale fisheries co-management informed by stakeholders perceptions: a coral reef case study. *Marine Policy* 51: 48-56.
- CARLSSON, L. and F. BERKES. 2005. Co-management: concepts and methodological implications. *Journal of Environmental Management* 75: 65-76.

- CARNEIRO, A. M. M., A. C. S. DIEGUES and L. F. S. VIEIRA. 2014. Extensão participativa para a sustentabilidade da pesca artesanal. *Desenvolvimento e Meio Ambiente* 32: 81-99.
- CARNEIRO, M. H., J. A. KOLLING, A. O. ÁVILA-DA-SILVA, J. T. MENDONÇA, R. C. NAMORA *et al.* 2013. A pesca nas áreas de proteção ambiental marinha do Estado de São Paulo, Brasil, entre agosto de 2008 e julho de 2009. *Informe Pesqueiro de São Paulo*, São Paulo, 36: 01-34. Available at <http://www.propesq.pesca.sp.gov.br/propesq/web/app.php/publico/10/conteudo>
- CASTREJON, M. and A. CHARLES, 2013. Improving fisheries co-management through ecosystem-based spatial management: The Galapagos Marine Reserve. *Marine Policy* 38: 235-245.
- CAVALLI, R. O., W. WASIELESKY JR, S. PEIXOTO, L. H. S. POERSCH, M. H. S. SANTOS *et al.* 2008. Shrimp farming as an alternative to artisanal fishermen communities: the Case of Patos Lagoon, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 51: 991-1001.
- CHILE, 2013. Ley Número 20.657 del Congreso Nacional. Available at <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1048776&r=1>
- COSTA RICA, 2013. Resolución N° 2013010540 de Sala Constitucional de la Corte Suprema de Justicia, San José.
- COX, M., G. ARNOLD and S. VILLAMAYOR TOMÁS. 2010. A review of design principles for community-based natural resource management. *Ecology and Society* 15: 38. Available at <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art38/>
- CPRM. 2009. Geologia da Plataforma Continental Jurídica Brasileira e Áreas Oceânicas Adjacentes. DVD.
- CROWDER, L. B. and E. A. NORSE. 2008. Essential ecological insights for marine ecosystem-based management and marine spatial planning. *Marine Policy* 32: 772-778.
- DAY, J. 2008. The need and practice of monitoring, evaluating and adapting marine planning and management—lessons from the Great Barrier Reef. *Marine Policy* 32: 823-831.
- DOOLITTLE, A. 2014. *Tragedy of the Commons*. Oxford Bibliographies. Available at <http://www.oxfordbibliographies.com/view/document/obo-9780199830060/obo-9780199830060-0116.xml>
- ECUADOR. 2012. Acuerdo Ministerial No 020, del 23 de febrero del 2012. Publicado en el Registro Oficial No 660 del 13 de marzo del 2012.
- EHLER, C. N. and F. DOUVERE. 2009. Marine Spatial Planning: a step-by-step approach toward ecosystem-based management. Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme. IOC Manual and Guides N° 53, ICAM Dossier N° 6. Paris: UNESCO. 99 p.
- EHLER, C. N. and F. DOUVERE. 2015. Marine spatial planning: delivering ecosystem-based management. In: *The Protected Areas Governance and*

- Management Book (Worboys, G.L, M. Lockwood, and A. Kothari, eds.). IUCN: Gland, Switzerland.
- FAO. 1998. Guidelines for the routine collection of capture fishery data. FAO Fisheries Technical Paper, Roma, nº 382. 113p.
- FEENY, D., F. BERKES, B. J. MCCAY and J. M. ACHESON. 1990. The tragedy of the commons - twenty-two years later. *Human Ecology* 18: 1-19.
- FIGUEIREDO, J. L., A. P. SANTOS, N. YAMAGUTI, R. A. BERNARDES and C. L. ROSSI-WONGTSCHOWSKI. 2002. Peixes da zona econômica exclusiva da região Sudeste-Sul do Brasil. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Imprensa Oficial do Estado, 244 p.
- FRANKLIN, J. 2013. Mapping species distributions: spatial inference and predictions. Cambridge University Press, Cambridge.
- FREIRE, K.M.F. e D. PAULY. 2010. Fishing down Brazilian marine food webs, with emphasis on the east Brazil large marine ecosystems. *Fisheries Research* 105: 57-62.
- FREITAS, D. M., S. G. SUTTON, J. M. MOLONEY, E. J. I. LÉDÉE and R. C. TOBIN. 2013. Spatial substitution strategies of recreational fishers in response to zoning changes in the Great Barrier Reef Marine Park. *Marine Policy* 40: 145-153.
- FREITAS, D. M, L. Y. XAVIER and D. SHINODA. 2014. Relatório da "Jornada de gerenciamento costeiro e planejamento espacial marinho". Brasília/MMA.
- GAINES, S. D., C. WHITE, M. H. CARR and S. R. PALUMBI. 2010. Designing marine reserve networks for both conservation and fisheries management. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107: 18286-18293.
- GIANNI, M. 2004. High seas bottom trawl fisheries and their impact on the biodiversity of vulnerable deep-sea ecosystems. Report prepared for IUCN/the World Conservation Union, Natural Resources Defense Council, WWF International and Conservation International.
- GIRAUDOUX, P. 2015. pgirmess: Data Analysis in Ecology. R package version 1.6.2. Available at <http://CRAN.R-project.org/package=pgirmess>.
- GODFRAY, H. C., J. R. BEDDINGTON, I. R. CRUTE, L. HADDAD, D. LAWRENCE *et al.* 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 5967: 812-818.
- GRAFTON, R. Q. 2000. Governance of the commons: A role for the State? *Land Economics* 76: 504-517.
- GUBBAY, S. 2004. Marine protected areas in the context of marine spatial planning - discussing the links. The Marine Programme, WWW-UK.
- GURNEY, G. G., R. L. PRESSEY, N. C. BAN, J. G. ÁLVAREZ-ROMERO, S. JUPITER *et al.* 2015. Efficient and equitable design of marine protected areas in Fiji through inclusion of stakeholder-specific objectives in conservation planning. *Conservation Biology* 29: 1378-1389.
- HAIMOVICI, M., A. O. ÁVILA-DA-SILVA, and C. L. D. ROSSI-WONGTSCHOWSKI. 2004. Prospecção pesqueira de espécies demersais com espinhel-de-fundo na Zona Econômica Exclusiva da região Sudeste-Sul

- do Brasil. São Paulo: Instituto Oceanográfico da USP, 2004. (Série Documentos Revizee: Score Sul). 112 p.
- HAIMOVICI, M., J. M. ANDRIGUETTO-FILHO, P. S. SUNYE and A.S. MARTINS. 2014. Padrões das dinâmicas de transformação em pescarias marinhas e estuarinas do Brasil (1960-2010). In: A pesca marinha e estuarina no Brasil, estudos de caso multidisciplinares. Editora da FURG, Rio Grande, p. 181-191.
- HARDIN, G. 1968. The tragedy of the commons. *Science* 162: 1243-1248.
- HILBORN, R., K. STOKES, J.-J. MAGUIRE, T. SMITH, L. W. BOTSFORD *et al.* 2004. When can marine reserves improve fisheries management? *Ocean & Coastal Management* 47: 197-205.
- HILBORN, R. 2007. Defining success in fisheries and conflicts in objectives. *Marine Policy* 31: 153-158.
- HOLMSTRÖM, K., S. GRÄSLUND, A. WAHLSTRÖM, S. POUNGSHOMPOO, B-E. BENGTSSON *et al.* 2003. Antibiotic use in shrimp farming and implications for environmental impacts and human health. *International Journal of Food Science and Technology* 38: 255-266.
- HUTCHINGS, J.A., C. MINTO, D. RICARD, J.K. BAUM e O.P. JENSEN. 2010. Trends in the abundance of marine fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 67:1205-1210.
- IBGE. 2005. Resolução do Presidente do IBGE 01/2005. Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro. Available at ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/projeto_mudanca_referencial_geodesico/legislacao/rpr_01_25fev2005.pdf
- IBGE. 2015a. Base Cartográfica Contínua do Brasil ao Milionésimo - BCIM. Available at ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapeamento_sistematico/base_continua_ao_milione_simo
- IBGE. 2015b. Resolução do Presidente do IBGE 01/2015. Define a data de término do período de transição definido na RPR 01/2005 e dá outras providências sobre a transformação entre os referenciais geodésicos adotados no Brasil. Available at ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pdf/rpr_01_2015_sirgas2000.pdf
- ICMBIO. 2015. Limites das unidades de conservação federais. Available at <http://www.icmbio.gov.br/portal/servicos/geoprocessamento/51-menu-servicos/4004-downloads-mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-uc-s.html>
- JAY, S., G. ELLIS and S. KIDD. 2012. Marine spatial planning: a new frontier? *Journal of Environmental Policy and Planning* 14: 1-5.
- JENTOFT, S. 2000a. Legitimacy and disappointment in fisheries management. *Marine Policy* 24: 141-148.
- JENTOFT, S. 2000b. The community: a missing link of fisheries management. *Marine Policy* 24: 53-60.

- JONES, J.B. 1992. Environmental impact of trawling on the seabed: a review. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 26: 59–67.
- KELLEHER, K. 2005. Discards in the world's marine fisheries: an update. FAO Fisheries Technical Paper 470. Rome (Italy): FAO Fisheries Department. 134 p.
- KINNISON, M. T. and N. G. HAIRSTON. 2007. Eco-evolutionary Conservation Biology: contemporary evolution and the dynamics of persistence. *Functional Ecology* 21: 444-454.
- KOFINAS, G. P. 2009. Adaptive co-management in social-ecological governance. *In* CHAPIN, F.S., III, G. P. KOFINAS and C. FOLKE (eds). Principles of ecosystem stewardship: resilience-based natural resource management in a changing world Springer: New York.
- LEAL, D. R. 1998. Community-run fisheries: avoiding the "tragedy of the commons". *Journal of Interdisciplinary Studies* 19: 225-245.
- LÉDÉE, E. J. I., S. G. SUTTON, R. C. TOBIN and D. M. FREITAS. 2013. Responses and adaptation strategies of commercial and charter fishers to zoning changes in the Greater Barrier Reef Marine Park. *Marine Policy* 36: 226-234.
- LINKE, S. and K. BRUCKMEIER. 2015. Co-management in fisheries: experiences and changing approaches in Europe. *Ocean & Coastal Management* 104: 170-181.
- MARTIN, K. S. and M. HALL-ARBER. 2008. The missing layer: geotechnologies, communities, and implications for marine spatial planning. *Marine Policy* 32: 779-786.
- MCCOOK, L. J., T. AYLING, M. CAPPO, J. H. CHOAT, R. D. EVANS *et al.* 2010. Adaptive management of the Great Barrier Reef: a globally significant demonstration of the benefits of networks of marine reserves. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 43: 18278-18285.
- MPA/MMA. 2012. Instrução Normativa Interministerial No 12, de 22 de agosto de 2012. Dispõe sobre critérios e padrões para o ordenamento da pesca praticada com o emprego de redes de emalhe nas águas jurisdicionais brasileiras das regiões Sudeste e Sul.
- MPA. 2015. Sistema Nacional de Informação da Pesca e Aquicultura e Sistema Informatizado do Registro Geral da Atividade Pesqueira. Available at <http://sinpesq.mpa.gov.br/rgp/>
- MYERS, R.A. and B. WORM. 2003. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature* 423: 280-283.
- ORACION, E. G., M. L. MILLER and P. CHRISTIE. 2005. Marine protected areas for whom? Fisheries, tourism, and solidarity in a Philippine community. *Ocean & Coastal Management* 48: 393-410.
- OSTROM, E., T. DIETZ, N. DOLSAK, P. C. STERN, S. STONICH *et al.* (eds.). 2002. The drama of the commons. National Academy Press, Washington, DC.

- OSTROM, E. 2009. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science* 325: 419–422.
- PALUMBI, S.R. 2004. Marine reserves and ocean neighborhoods: the spatial scale of marine populations and their management. *Annual Review of Environment and Resources* 29: 31-68.
- PAULY, D., J. ALDER, E. BENNETT, V. CHRISTENSEN, P. TYEDMERS and R. WATSON. 2003. The future for fisheries. *Science* 302: 1359-1361.
- PAULY, D. and M.L. PALOMARES. 2005. Fishing down marine food web: it is far more pervasive than we thought. *Bulletin of Marine Science* 76: 197-211.
- POMEROY, R. S. 1995. Community-based and co-management institutions for sustainable coastal fisheries management in Southeast Asia. *Ocean & Coastal Management* 27: 143-162.
- PRATES, A. P. and D. BLANC (orgs.). 2007. Áreas aquáticas protegidas como instrumento de gestão pesqueira. Brasília: MMA/SBR. 272 p.
- PRATES, A. P. 2007. Plano Nacional de Áreas Protegidas: o contexto das áreas costeiras e marinhas. p. 19-25. In: PRATES, A.P. e D. BLANC (orgs.). Áreas aquáticas protegidas como instrumento de gestão pesqueira. Brasília: MMA/SBR. 272 p.
- PRATES, A.P., M.A. GONÇALVES and M.R. ROSA. 2012. Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil. 2ª ed. rev. ampliada. Brasília: MMA. 152 p.
- QGIS DEVELOPMENT TEAM. 2015. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Available at <http://qgis.osgeo.org>
- QUIU, W. and P. J. S. JONES. 2013. The emerging policy landscape for marine spatial planning in Europe. *Marine Policy* 39: 182-190-
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Available at <http://www.R-project.org>
- ROBERTS, C. M., B. HALPERN, S. R. PALUMBI and R. R. WARNER. 2001. Designing marine reserve networks: why small, isolated protected areas are not enough. *Conservation in Practice* 2: 10-17.
- RODRIGUES-FILHO, J. L., J. O. BRANCO, A. C. PERET, F. K. DECKER, T. F. LUIZ *et al.* 2011. Impacts of the seabob shrimp fishery on *Stellifer* spp. (Perciformes, Sciaenidae) assemblage in Armação do Itapocoroy, Penha (SC), Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 6: 170-184.
- SALE, P., R. K. COWEN, B. S. DANILOWICZ, G. P. JONES, J. P. KRITZER, *et al.* 2005. Critical science gaps impede use of no-take fishery reserves. *Trends in Ecology and Evolution* 20: 74-80.
- SALE, P., T. AGARDY, C. H. AINSWORTH, B. E. FEIST, J. D. BELL *et al.* 2014. Transforming management of tropical coastal seas to cope with challenges of the 21st century. *Marine Pollution Bulletin* 85: 8-23.
- SÃO PAULO. 1993a. Decreto Nº 37.536, de 27 de setembro de 1993. Cria o Parque Estadual Xixová-Japuí e dá providências correlatas. Available at

- <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1993/decreto-37536-27.09.1993.html>
- SÃO PAULO. 1993b. Decreto Nº 37.537, de 27 de setembro de 1993. Cria o Parque Marinho da Laje de Santos e dá providências correlatas. Available at <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1993/decreto-37537-27.09.1993.html>
- SÃO PAULO. 1998. Lei Nº 10.019, de 3 de julho de 1.998. Dispõe sobre o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. Available at <http://www.al.sp.gov.br/norma/?id=6838>
- SÃO PAULO. 2008a. Decreto Nº 53.526 de 08 de outubro de 2008. Cria a Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Centro, e dá providências correlatas. Available at <http://www.al.sp.gov.br/norma/?id=141553>
- SÃO PAULO. 2008b. Decreto Nº 53.527 de 08 de outubro de 2008. Cria a Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Sul e a Área de Relevante Interesse Ecológico do Guará, e dá providências correlatas. Available at <http://www.al.sp.gov.br/norma/?id=141554>
- SÃO PAULO. 2012. Resolução SMA Nº 21, de 16 de abril de 2012. Estabelece restrição à atividade pesqueira no Setor Itaguaçu da Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Centro do Estado de São Paulo, criada pelo Decreto Estadual Nº 53.526, de 6 de outubro de 2008, e dá outras providências. Available at http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/files/2012/04/21_160412.pdf
- SÃO PAULO. 2013a. Decreto Nº 58.996, de 25 de março de 2.013. Dispõe sobre o Zoneamento Ecológico-Econômico do Setor da Baixada Santista e dá providências correlatas. Available at <http://www.al.sp.gov.br/norma/?id=169787>
- SÃO PAULO. 2013b. Lei Nº 14.982, de 08 de abril de 2013. Altera os limites da Estação Ecológica da Jureia-Itatins, na forma que especifica, e dá outras providências. Available at <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2013/lei-14982-08.04.2013.html>
- SÃO PAULO. 2015. Mapa da Pesca Sustentável. Sistema Ambiental Paulista, Governo do Estado de São Paulo. Available at <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/?ctx=DATAGEO#>
- SARTOR, S. 2015. Atlas Ambiental e Socioeconômico da Baixada Santista. Available at <http://santoswebatlas.com.br>
- SIEGEL, S. and N. J. CASTELLAN. 1988. Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences (2nd). McGraw-Hill: New York. Pp 213-214.
- SINDEN, A. 2007. The tragedy of the commons and the myth of a private property solution. University of Colorado Law Review 78: 533-612.
- SUDEPE. 1984. Portaria SUDEPE Nº N-54, de 20 de dezembro de 1984. Available at http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/1984/p_su_depe_54_n_1984_areaexclusaoarrastoportapareilhas_sp.pdf

- SUDEPE. 1987. Portaria SUDEPE N° 04-N, de 12 de março de 1987. Available at http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/1987/p_sudepe_04_n_1987_areaexclusaopescailhobomabrigo_sp.pdf
- SRINIVASAN, U. T., W. W. L. CHEUNG, R. WATSON and U. R. SUMAILA. 2010. Food security implications of marine catch losses due to overfishing. *Journal of Bioeconomics* 12: 183-200.
- THOMPSON, B. H., Jr. 2000. Tragically difficult: the obstacles to governing the commons. Working paper no. 187, John M. Olin Program in Law and Economics, Stanford Law School.
- TRIMBLE, M. and F. BERKES. 2015. Towards adaptive co-management of small-scale fisheries in Uruguay and Brazil: lessons from using Ostrom's design principles. *Maritime Studies* 14:14. Available at <http://www.maritimestudiesjournal.com/content/14/1/14>
- THRUSH, S. F. and P. K. DAYTON. 2002. Disturbance to marine benthic habits by trawling and dredging: implications for marine biodiversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 33: 449-473.
- VENEZUELA, 2009. Decreto N° 5.930 de la República Bolivariana de Venezuela. Available at <http://faolex.fao.org/docs/pdf/ven94298.pdf> .
- WEEKS, R. and S. D. JUPITER. 2013. Adaptive management of a marine protected area network in Fiji. *Conservation Biology* 27: 1234-1244.
- WICKHAM, H. 2009. *ggplot2: elegant graphics for data analysis*. Springer New York. Available at <http://had.co.nz/ggplot2/book>
- WILKINSON, J. 1999. The State role in biodiversity conservation." *Issues in Science and Technology* 15, no. 3. Available at <http://issues.org/15-3/wilkinson/>
- WORM, B., E.B. BARBIER, N. BEAUMONT, J. E. DUFFY, C. FOLKE *et al.* 2006. Impact of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* 314: 787-790.
- WORM, B., R. HILBORN, J. BAUM, T. A. BRANCH, J. S. COLLIE *et al.* 2009. Rebuilding global fisheries. *Science* 325: 578-585.
- ZAR, J.H. 2009. *Biostatistical Analysis*. 5th edition. Pearson. Upper Saddle River, New Jersey. 944 p.

Table 1 - Marine protected areas (MPAs) along the central and southern coastline of São Paulo State, Brazil. The total areas shown do not include areas that overlap with other MPAs. MPA categories follow (BRAZIL, 2008; SÃO PAULO, 1993a and b, 2008a and b, 2012 and 2013b).

Names of the Marine Protected Areas	Administration	Created in	MPA Category	Area of the MPA (ha)	No-take zones (ha)
<i>Litoral Centro</i> Marine Environmental Protection Area (APAMLC - sectors Carijó and Itaguaçu)	State-level	2008	Sustainable use	329,959	55,896
<i>Litoral Sul</i> Marine Environmental Protection Area (APAMLS)	Federal	2008	Sustainable use	368,742	
Tupiniquins Ecological Station (ESECTup)	Federal	1986	Full protection	1,680	1,680
<i>Laje de Santos</i> Marine State Park (PEMLS)	State-level	1993	Full protection	5,000	5,000
Xixová-Japuí State Park (PEXJ, marine sector)	State-level	1993	Full protection	301	301
<i>Ilhas do Abrigo e Guararitama</i> Wildlife Refuge (RVSIAG)	State-level	2013	Full protection	481	481
Total area of the study region = 1448800 ha			Covered by MPAs	698,701	58,358
Percentage of the area in relation to the study region				48%	4%

Table 2 - Total number of geo-refereed fishing trips and number of trips landing within the study region.

Municipality	Fishing trips	Fishing trips within the study regions	% of fishing trips within the study region	% of fishing trips within the study region per municipality	Total catches (t)	Total catches (t) within the study region	% of the catches within the study region	% of the catches within the study region per municipality
Ubatuba	28,072	117	0.42	0.06	16,857.84	357.65	2.12	0.45
Caraguatatuba	13,529	2	0.15	0.00	910.85	1.21	0.13	0.00
São Sebastião	32,346	2	0.01	0.00	3,496.14	1	0.03	0.00
Ilhabela	12,578	9	0.07	0.00	3,613.82	5.48	0.15	0.01
Bertioga	8,721	91	1.04	0.05	1,217.64	49.46	4.06	0.06
Santos/Guarujá	54,519	22,526	41.32	11.46	145,739.93	54,444.35	37.36	67.80
São Vicente	6,030	909	15.07	0.46	1,195.09	79.43	6.65	0.10
Praia Grande	12,628	12,620	99.94	6.42	463.04	458.80	99.08	0.57
Mongaguá	8,354	8,347	99.92	4.25	357.70	356.03	99.53	0.44
Itanhaém	6,418	6,411	99.89	3.26	356.51	342.97	96.2	0.43
Peruíbe	14,228	14,216	99.96	7.23	694.86	681.83	98.12	0.85
Iguape	91,230	51,393	56.33	26.15	5,712.05	2,963.48	51.88	3.69
Cananeia	125,167	66,928	53.47	34.06	27,295.09	20,218.24	74.07	25.18
Ilha Comprida	14,438	12,950	89.69	6.59	467.74	340.91	72.88	0.42
TOTALS	428,258	196,521		100	208,378.3	80,300.84		100

Table 3 - Categories of fishing products and respective taxonomic information and common names.

Class	Order	Family	Species/Category of fishing products	Common name
Actinopterygii	Clupeiformes	Clupeidae	<i>Sardinella brasiliensis</i> (Steindachner, 1879)	Brazilian sardinella
Actinopterygii	Clupeiformes	Engraulidae	<i>Anchoviella lepidentostole</i> (Fowler, 1911)	Broadband anchovy
Actinopterygii	Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil liza</i> Valenciennes, 1836	Lebranche mullet
Actinopterygii	Perciformes	Carangidae	<i>Selene</i> spp. Lacepède, 1802 (<i>S. setapinnis</i> (Mitchill, 1815) e <i>S. vomer</i> (Linnaeus, 1758))	Atlantic moonfish (<i>S. setapinnis</i>) Lookdown (<i>S. vomer</i>)
Actinopterygii	Perciformes	Carangidae	<i>Oligoplites</i> spp. Gill, 1863 (mainly <i>O. saliens</i> (Bloch, 1793))	Castin leatherjacket
Actinopterygii	Perciformes	Sciaenidae	<i>Menticirrhus</i> spp. Gill, 1861 (<i>M. americanus</i> (Linnaeus, 1758) e <i>M. litoralis</i>)	Southern kingcroaker (<i>M. americanus</i>) e Gulf kingcroaker
Actinopterygii	Perciformes	Sciaenidae	<i>Micropogonias furnieri</i> (Desmarest, 1823)	Whitemouth croaker
Actinopterygii	Perciformes	Sciaenidae	<i>Cynoscion jamaicensis</i> (Vaillant & Bocourt, 1883)	Jamaica weakfish
Actinopterygii	Perciformes	Sciaenidae	<i>Macrodon ancylodon</i> Gunter, 1880	King weakfish /Souther King
Malacostraca	Decapoda	Penaeidae	<i>Xiphopenaeus kroyeri</i> (Heller, 1862)	Atlantic seabob

Table 4 - The fleets operating within the study region as defined by the intersection of the vessels' base municipality, fishing gears, and operating scale.

Municipality	Scale	Gear	Code
Cananeia	Artisanal	Double trawl	CaArtAD
Cananeia	Industrial	Double trawl	CaIndAD
Cananeia	Artisanal	Simple trawl	CaArtAS
Cananeia	Artisanal	Fence trap	CaArtCF
Cananeia	Artisanal	Pot	CaArtCo
Cananeia	Artisanal	Gillnet	CaArtEm
Cananeia	Industrial	Gillnet	CaIndEm
Cananeia	Artisanal	Demersal longline	CaArtEF
Cananeia	Artisanal	Extractivism	CaArtEx
Cananeia	Artisanal	Gerival (Drift beam trawl net)	CaArtGe
Cananeia	Artisanal	Diverse lines	CaArtLD
Cananeia	Artisanal	Cast net	CaArtTa
Iguape	Artisanal	Hand-trawl	IgArtAM
Iguape	Artisanal	Pot	IgArtCo
Iguape	Artisanal	Gillnets	IgArtEm
Iguape	Artisanal	Extractivism	IgArtEx
Iguape	Artisanal	Dip-net	IgArtPu
Iguape	Artisanal	Cast net	IgArtTa
Ilha Comprida	Artisanal	Fence trap	ICArtCF
Ilha Comprida	Artisanal	Gillnet	ICArtEm
Ilha Comprida	Artisanal	Demersal longline	ICArtEF
Ilha Comprida	Artisanal	Gerival (Drift beam trawl net)	ICArtGe
Ilha Comprida	Artisanal	Dip-net	ICArtPu
Itanhaém	Artisanal	Double trawl	ItArtAD
Itanhaém	Artisanal	Simple trawl	ItArtAS
Itanhaém	Artisanal	Gillnet	ItArtEm
Itanhaém	Artisanal	Extractivism	ItArtEx
Mongaguá	Artisanal	Double trawl	MoArtAD

Table 4 (Continued)

Mongaguá	Artisanal	Simple trawl	MoArtAS
Mongaguá	Artisanal	Gillnet	MoArtEm
Peruíbe	Artisanal	Hand-trawl	PeArtAM
Peruíbe	Artisanal	Double trawl	PeArtAD
Peruíbe	Artisanal	Simple trawl	PeArtAS
Peruíbe	Artisanal	Gillnet	PeArtEm
Peruíbe	Artisanal	Extractivism	PeArtEx
Peruíbe	Artisanal	Diverse lines	PeArtLD
Peruíbe	Artisanal	Dip-net	PeArtPu
Peruíbe	Artisanal	Cast net	PeArtTa
Praia Grande	Artisanal	Gillnet	PGArtEm
Santos/Guarujá	Artisanal	Spear	SGArtAF
Santos/Guarujá	Artisanal	Double trawl	SGArtAD
Santos/Guarujá	Industrial	Double trawl	SGIndAD
Santos/Guarujá	Artisanal	Simple trawl	SGArtAS
Santos/Guarujá	Industrial	Seine	SGIndCe
Santos/Guarujá	Industrial	Octopus traps	SGIndCP
Santos/Guarujá	Artisanal	Gillnet	SGArtEm
Santos/Guarujá	Industrial	Gillnet	SGIndEm
Santos/Guarujá	Artisanal	Demersal longline	SGArtEF
Santos/Guarujá	Artisanal	Extractivism	SGArtEx
Santos/Guarujá	Artisanal	Diverse lines	SGArtLD
Santos/Guarujá	Industrial	Pair trawl	SGIndPa
Ubatuba	Artisanal	Gillnet	UbArtEm

FIGURE CAPTIONS

Fig. 1. Study region in the São Paulo State coastline.

Fig. 2. Accumulated fishing trips to the blocks within the study region from 2009 to 2014. Colors depict a logarithmic scale ranging from few trips (lightly colors) to many trips (dark colors).

Fig.3. Municipalities from which 196,521 fishing trips departed to the study region during the period 2009-2014.

Fig. 4. (A) Total catches by fishing product category for 196,521 fishing trips within the study region from 2009 to 2014. **(B)** Inter-annual variation in the biomass of catches.

Fig. 5. Geographical variation in the relative contribution of the species to the total biomass of catches in the study region from 2009 to 2014.

Fig. 6. Geographical variation in the fishing gears used by the fleets operating in the study region from 2009 to 2014.

Fig. 7. Relative productivity (proportion of the catches per block) accumulated from 2009 to 2014.

Fig. 8. Distances (km) travelled by vessels in different fleets during their fishing trips between 2009 and 2014 in the study region.

Fig. 9. Water depths of the fishing activities for the different fleets operating at the study region from 2009 to 2014.

Figure 1

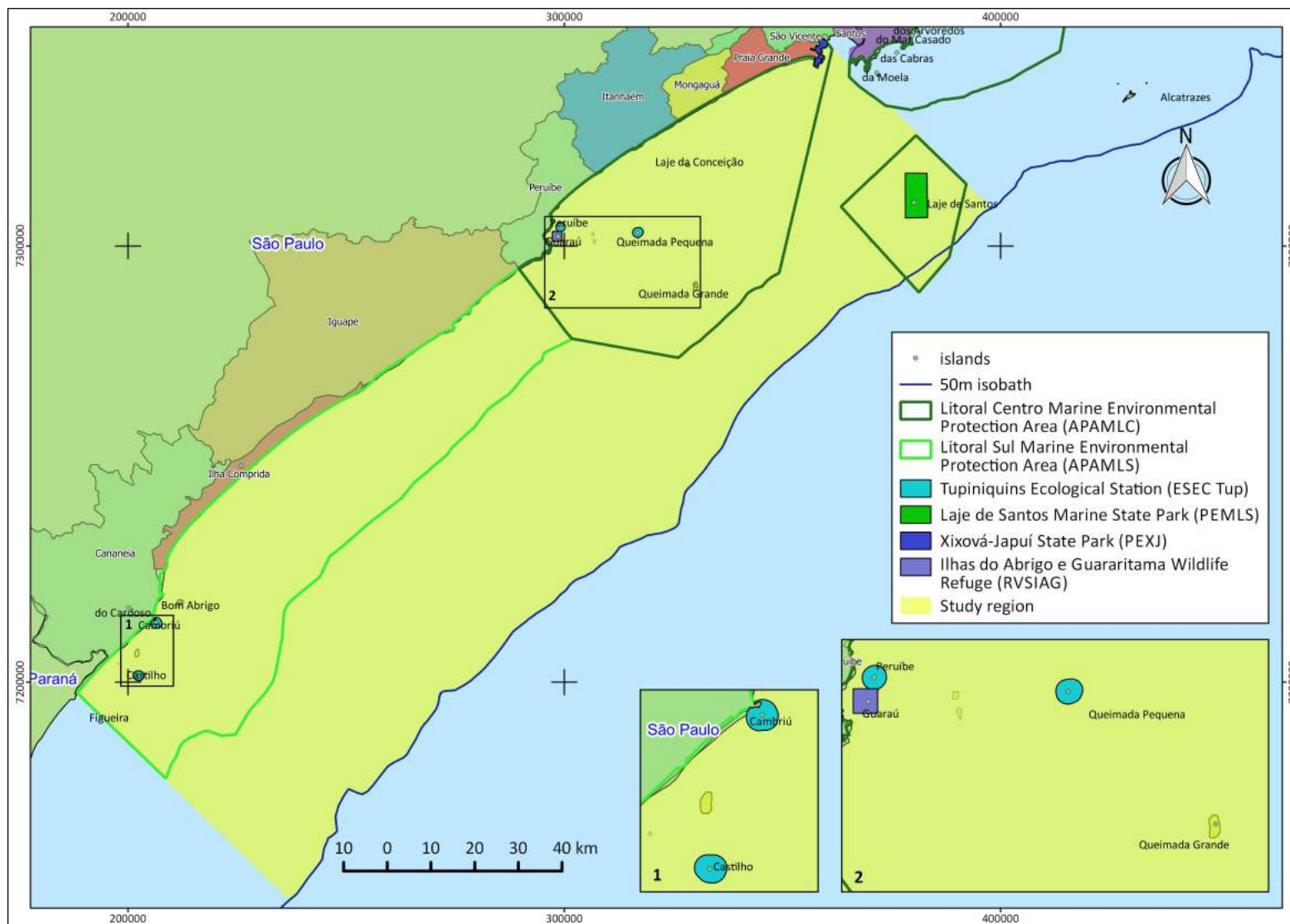


Figure 2

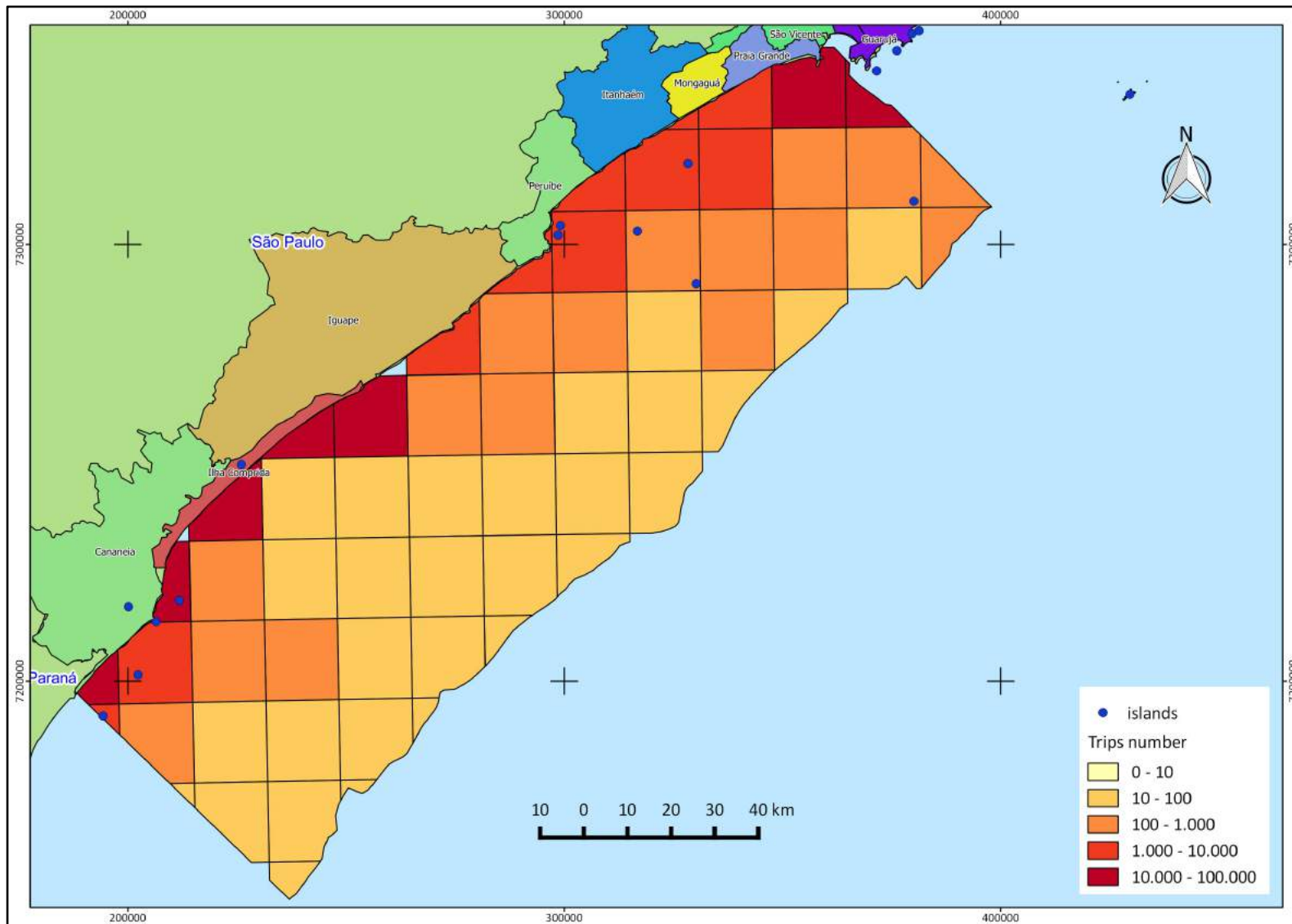


Figure 3

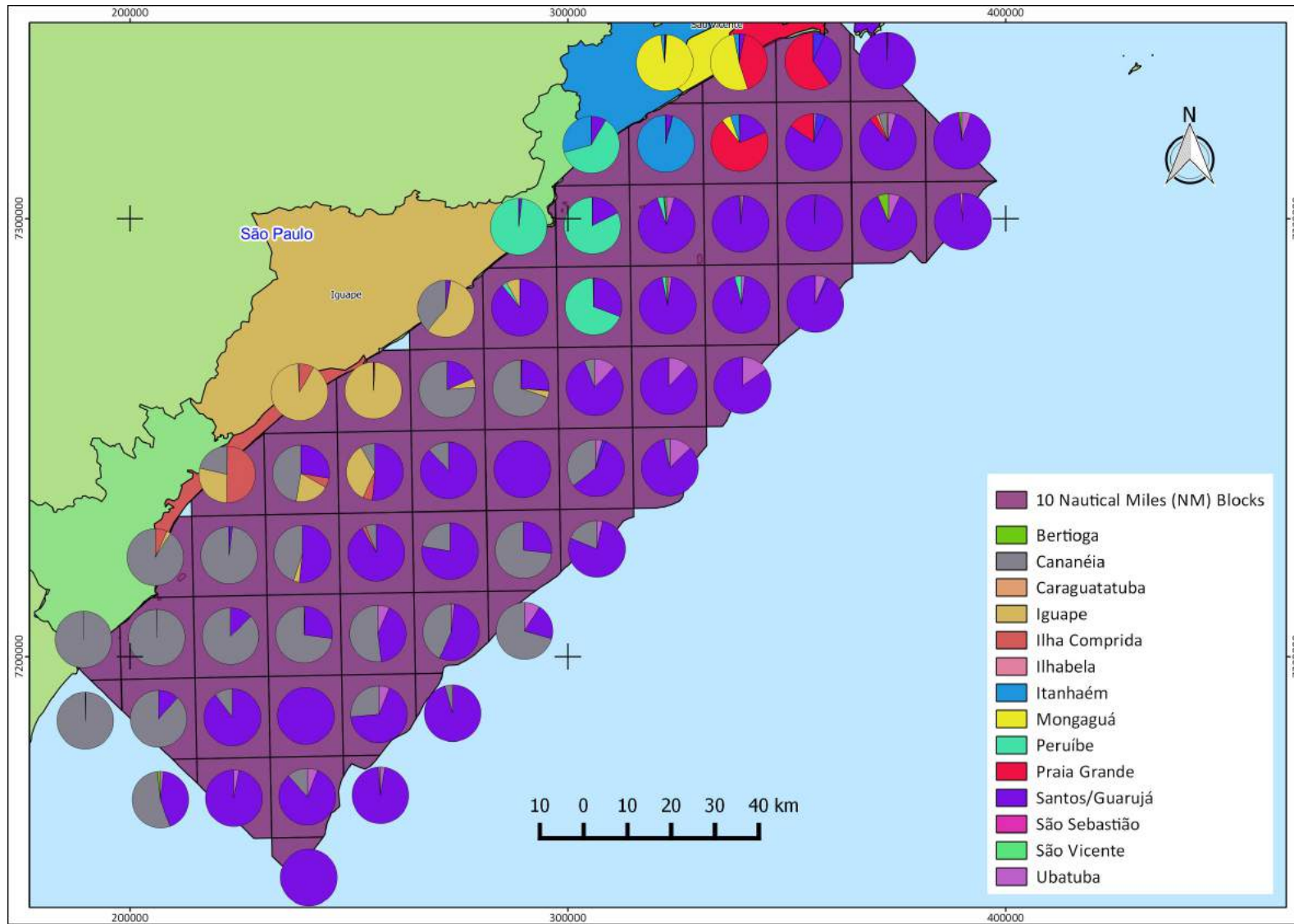


Figure 4

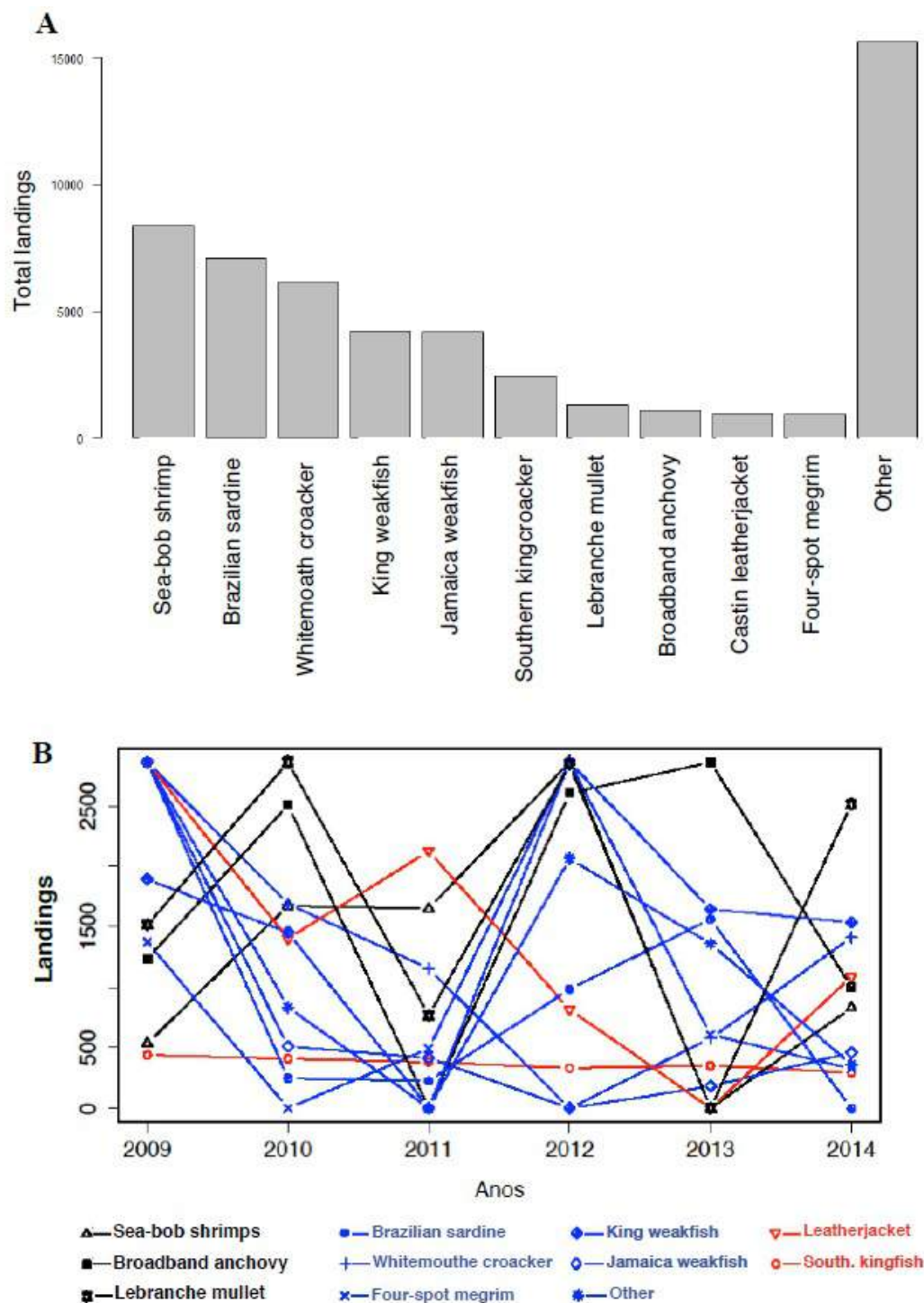


Figure 5

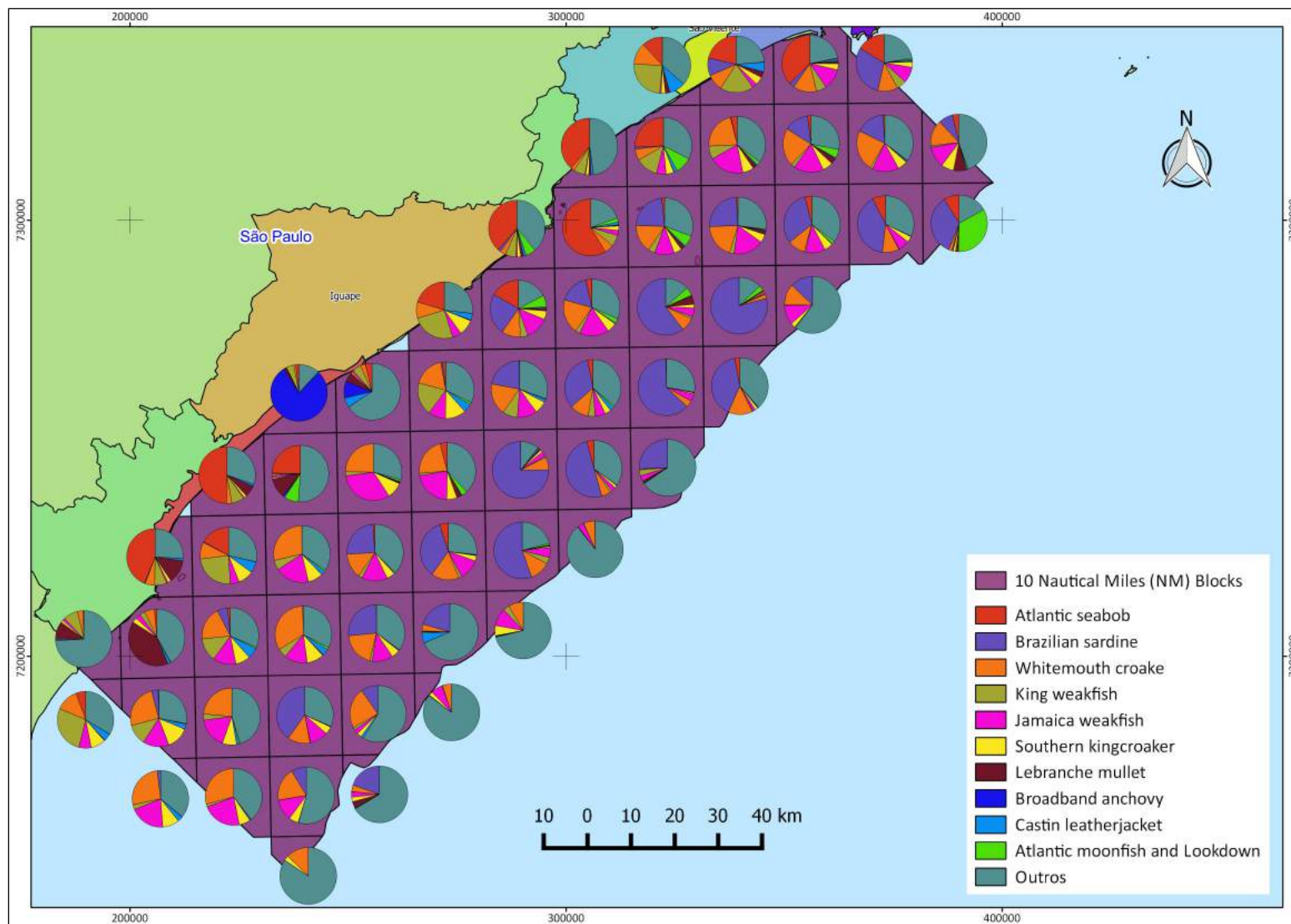


Figure 6

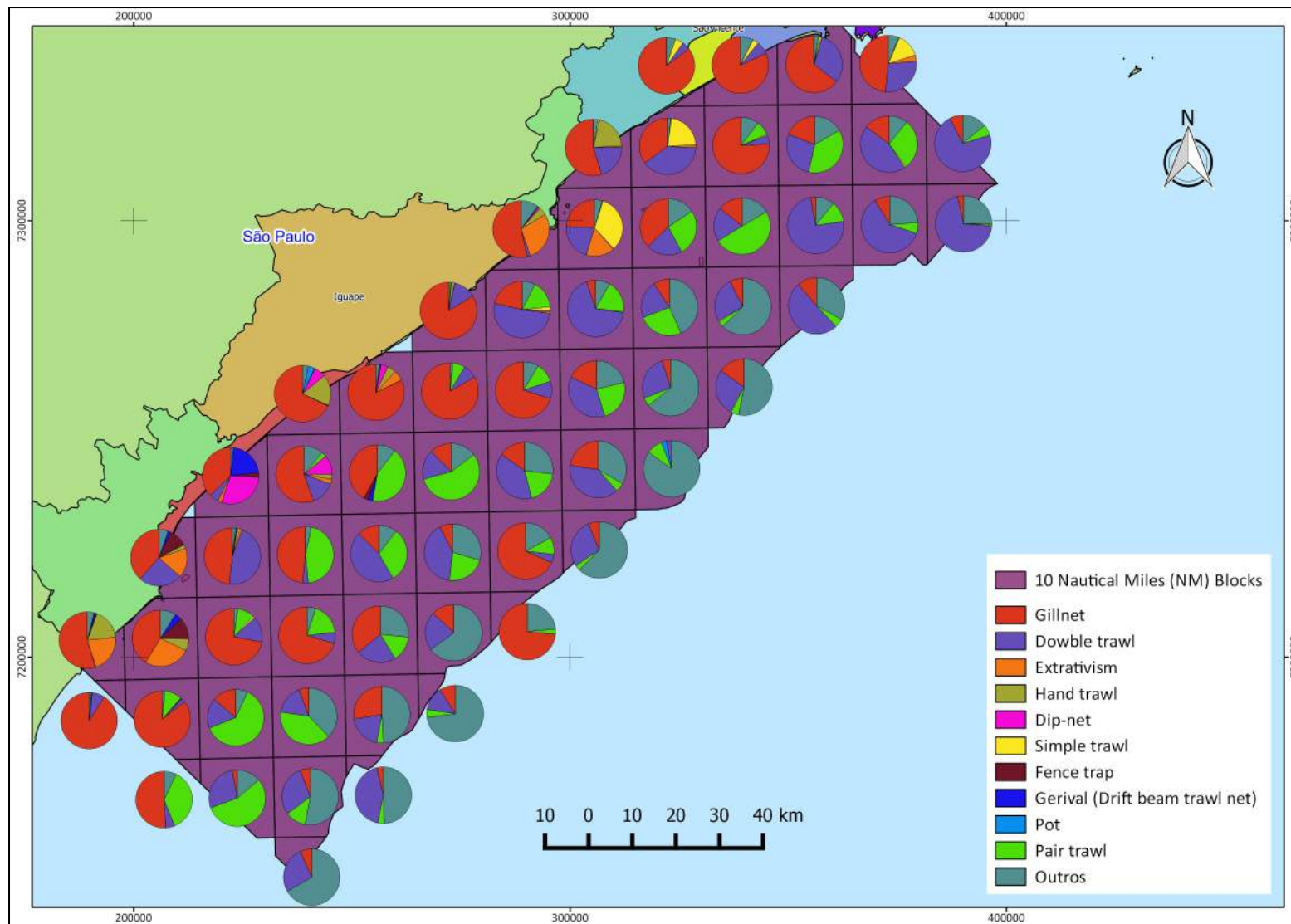


Figure 7

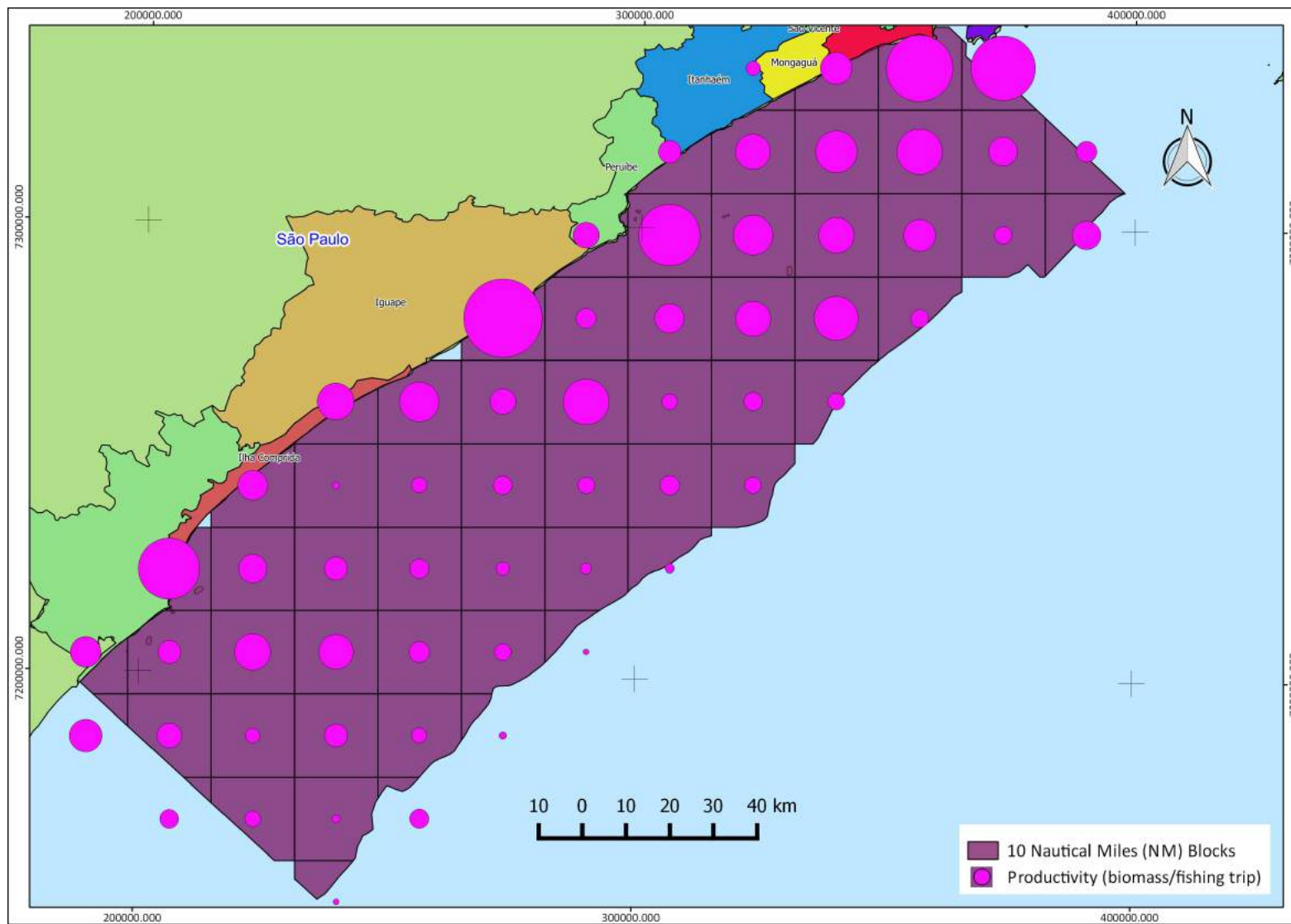


Figure 8

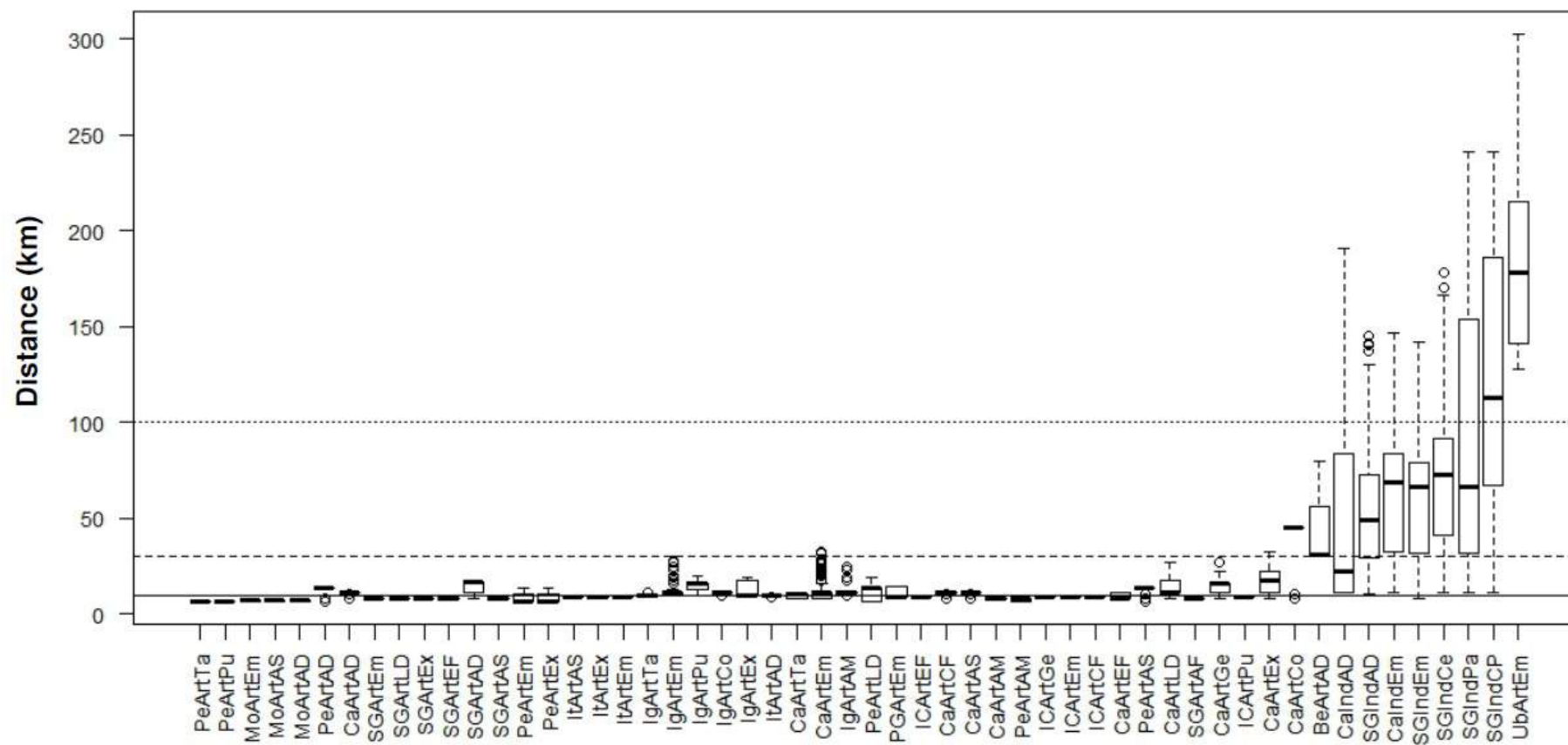
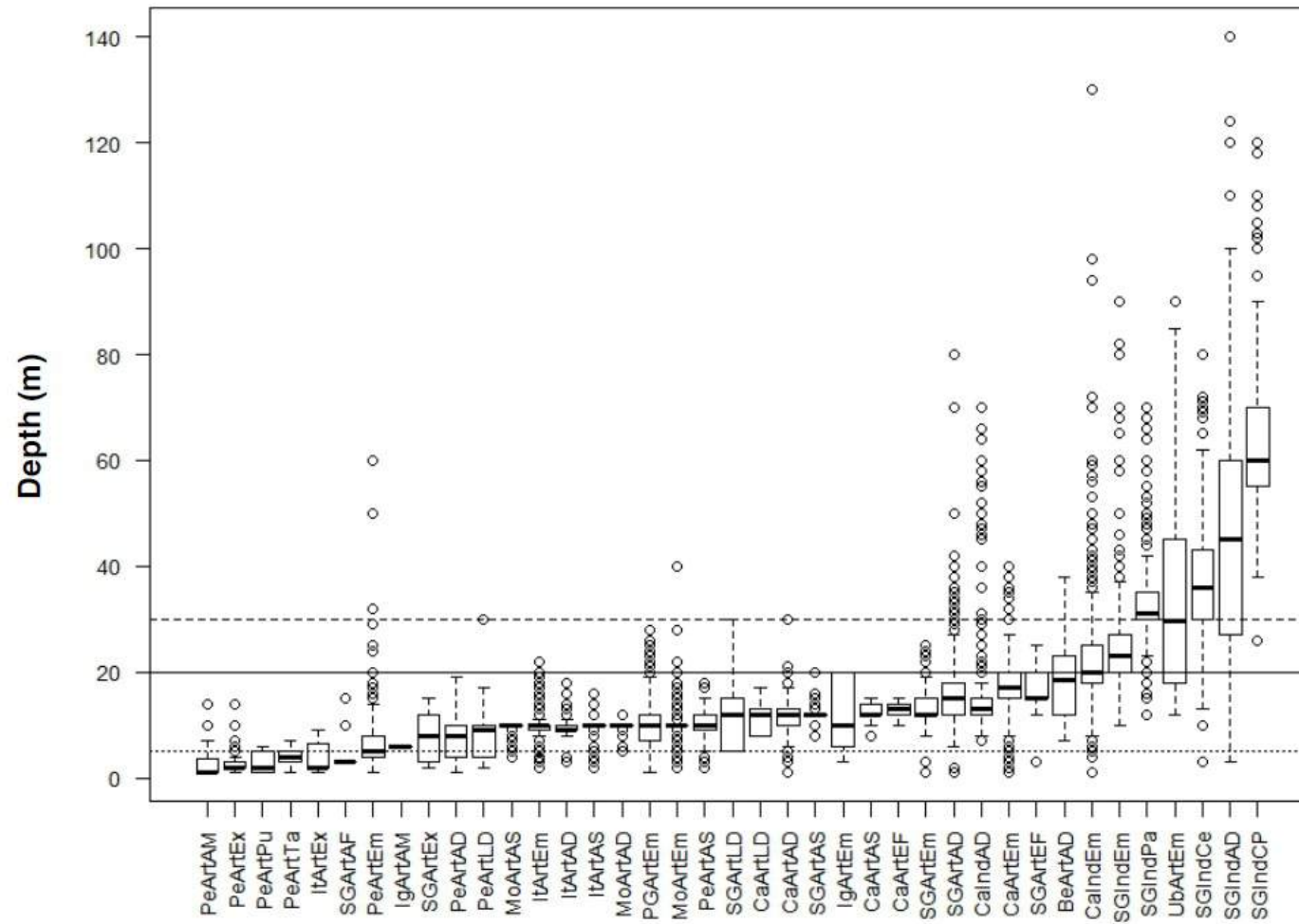


Figure 9



CAPÍTULO 2

**REVISÃO DA ICTIOFAUNA ASSOCIADA À ESTAÇÃO ECOLÓGICA DOS
TUPINIQUEIS, SÃO PAULO: RIQUEZA DE ESPÉCIES E
DIVERSIDADE TAXONÔMICA**

Resumo. Estratégias de conservação da biodiversidade baseiam-se na caracterização espacial de padrões de riqueza de espécies e de diversidade taxonômica. A deficiência de informações básicas sobre biodiversidade é um fator crítico para a gestão de unidades de conservação marinhas. Uma forma de preencher essas lacunas de informação é usar dados históricos, tais como aqueles providos por coleções biológicas ou séries temporais estatísticas. Neste trabalho, avaliamos o quanto as informações oficiais sobre riqueza e diversidade taxonômica da ictiofauna da Estação Ecológica (ESEC) dos Tupiniquins, no litoral paulista, ganham com sua complementação por dados de séries de estatística pesqueira. Utilizamos dados de 47.637 viagens geolocalizadas em áreas marinhas imediatamente adjacentes à ESEC Tupiniquins com descargas pesqueiras no litoral paulista entre 2009 e 2014. Os dados do Instituto de Pesca adicionam 65 espécies e 25 famílias de actinoptérgeos à riqueza da unidade, o que leva a uma riqueza atualizada de 148 categorias de peixes (135 espécies biológicas confirmadas). A intersecção entre a lista atual com a lista gerada pelos dados históricos de estatística pesqueira tem apenas 16 espécies, o que evidencia um altíssimo grau de reposição (*turnover*) entre as espécies diretamente associadas a fundos consolidados das ilhas da ESEC Tupiniquins e distintos habitats adjacentes de águas abertas e fundos não-consolidados, aos quais referem-se os dados pesqueiros. A subestimativa inicial da riqueza e diversidade taxonômica de actinoptérgeos resultou de um foco em ambientes recifais em detrimento a ambientes de águas abertas e fundos não consolidados, os quais também são relevantes para conservação da biodiversidade. Dentre actinoptérgeos, famílias com maiores ganhos de riqueza na lista complementada foram Carangidae (xaréus), com espécies majoritariamente pelágicas, e também Scianidae (corvinas), com espécies associadas a habitats de fundos arenosos ou lodosos. A utilização de dados da estatística pesqueira contribui para a qualidade dos dados sobre biodiversidade marinha, aumentando a abrangência taxonômica e de habitats dos inventários existentes.

Palavras-chave: áreas protegidas, diversidade taxonômica, gestão ambiental, lista de espécies, unidades de conservação.

REVISION OF THE FISH FAUNA ASSOCIATED TO THE TUPINIQUINS ECOLOGICAL STATION, SÃO PAULO: SPECIES RICHNESS AND TAXONOMIC DIVERSITY

Abstract. Conservation strategies rely on spatial patterns of species richness and taxonomic diversity. Biodiversity data gaps challenge the management of marine protected areas, which face growing anthropogenic pressures. A possible way to tackle such data gaps is to use historical data provided by biological collections or statistical time series. I here evaluated the extent to which information on species richness and taxonomic diversity for the Tupiniquins Ecological Station (São Paulo State, Brazil) can be improved if complemented with data from fisheries statistical time series. We used data from 47.637 geo-referred fishing trips to areas adjacent to the Tupiniquins Ecological Station from 2009 to 2014. The complementary list provided by fisheries time series add 65 species and 25 families of Actinopterygii, totalizing an update local richness of 148 fish categories (135 confirmed biological species). The intersection between the update list of fish species and the previous records has only 16 species, unraveling an extreme species turnover between reef areas and adjacent habitats of open waters and soft-bottoms to which fisheries data refer. Previous underestimation of Actinopterygii taxonomic diversity arose from a focus on reef fishes instead of open waters and soft-bottoms, which are also relevant for biodiversity conservation. Among Actinopterygii species, the families with more species added by data complementation were Carangidae (jacks), mostly associated to open waters, and Scianidae (drums), whose species are often associated to soft-bottoms. The use of data from fisheries time series contributes to the quality of marine biodiversity data, increasing the taxonomic and habitat diversity encompassed by existing inventories.

Keywords: environmental management, marine protected areas, species inventories, taxonomic diversity.

Introdução

Dados que descrevem a ocorrência de espécies são matéria-prima para a pesquisa e modelagem de processos ecológicos e biogeográficos (FRANKLIN, 2010). Por exemplo, tais dados são frequentemente o único tipo de informação disponível para a modelagem preditiva da distribuição de espécies a partir de preditores bióticos e abióticos (e.g., HENGL *et al.*, 2009). Modelos de distribuição de espécies, por sua vez, fundamentam cenários de respostas da biodiversidade às mudanças climáticas globais e outras pressões antrópicas (PEREIRA *et al.*, 2010). Além de ser peça-chave para pesquisa básica, a disponibilização de dados sobre a composição biótica é fundamental para a implementação de políticas públicas (TELENIUS, 2011). Entretanto, os dados existentes sobre riqueza de espécies frequentemente são pontuais e de curto prazo, limitando sua aplicabilidade na gestão da biodiversidade e no delineamento de políticas públicas (METZGER e CASATTI, 2006).

A deficiência de descritores básicos da diversidade biológica, tal como a riqueza de espécies, é um problema especialmente crítico para unidades de conservação marinhas (AMARAL e JABLONSKI, 2005). Dentre elas, as áreas protegidas costeiras requerem especial prioridade na consolidação de dados de qualidade sobre biodiversidade, frente às crescentes pressões antrópicas impostas pela sobrepesca, poluição e outras atividades econômicas, tais como a exploração de gás e petróleo (CROWDER e NORSE 2008; SALE *et al.*, 2014). Este trabalho busca contribuir com o aprimoramento da qualidade dos dados atualmente disponíveis sobre biodiversidade marinha em áreas protegidas do litoral do Estado de São Paulo. Para tanto, foi realizada a revisão da lista oficial das espécies de peixes que ocorrem na Estação Ecológica (ESEC) dos Tupiniquins, unidade de conservação federal. Especificamente, foram comparados a ictiofauna amostrada pelo método de Avaliação Ecológica Rápida (e.g., SAYRE *et al.*, 2003) usado quando da elaboração do plano de manejo da unidade (BRASIL, 2008; GADIG, 2002; MOURA, 2002) com dados providos pelo Instituto de Pesca de São Paulo para as capturas de peixes ósseos (Actinopterygii) e cartilaginosos (Elasmobranchii) nas adjacências das ilhas que compõem a unidade entre 2009 e 2014 (Anexo 1). Dessa forma, foi avaliado o ganho na qualidade dos dados sobre biodiversidade marinha em

escala local, particularmente em relação à riqueza de espécies e abrangência taxonômica, a partir de uma complementação com informações da estatística pesqueira.

Material e Métodos

A ESEC dos Tupiniquins é uma das 20 unidades de conservação paulistas, gerenciada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Essa unidade é constituída por um conjunto de seis subunidades insulares ao longo do litoral sul paulista (Figura 1). A lista oficial de espécies de peixes atualmente reconhecida para a ESEC Tupiniquins, conforme seu plano de manejo (BRASIL, 2008), doravante denominada "lista atual", foi considerada como a base para o trabalho de revisão. A composição da lista atual está indicada pela coluna "Lista PM ESEC" do Anexo 1.

Foi avaliado o ganho aportado, em termos de riqueza de grupos e resolução taxonômica, pela reestruturação da lista atual de peixes. Foram utilizados dados da série histórica de estatística pesqueira registrada pelo Instituto de Pesca do Estado de São Paulo via seu Programa de Monitoramento da Atividade Pesqueira Marinha e Estuarina (PMAP) (ÁVILA-SILVA *et al.* 1999, 2004). As ocorrências incluídas pelos dados do PMAP podem ser identificadas na coluna "Lista PMAP" do Anexo 1. A seguir, refere-se à lista resultante da adição dos dados do PMAP como "lista complementada".

A unidade dos dados do PMAP são viagens realizadas por embarcações pesqueiras, incluindo o local de realização da pesca e o ponto de desembarque do pescado, além de características das embarcações e artes de pesca utilizadas. Os dados de capturas de pescado são obtidos via método censitário (FAO, 1998), com realização de entrevistas voluntárias com mestres de embarcações e pescadores, em combinação com registros de descarga de pescado. Foram considerados os dados de 47.637 viagens geolocalizadas em áreas marinhas imediatamente adjacentes à ESEC Tupiniquins que tiveram descargas pesqueiras no litoral paulista entre os anos de 2009 e 2014.

Em ambas as listas originais existem ocorrências ou categorias de pescado em níveis supraespecíficos (família e gênero). Para a elaboração da lista final, foram mantidos apenas aqueles níveis supraespecíficos que incluíssem ocorrência nova na lista. Assim, aplicou-se um critério conservador na contagem do número de grupos e espécies identificados para a ESEC, evitando superestimar a riqueza existente na unidade. Nos casos em que uma das listas apresentava ocorrência com uma melhor resolução taxonômica, dentro de um mesmo grupo, foram mantidas apenas as ocorrências de maior resolução. Por exemplo, no caso dos Elasmobranchii a lista do PMAP apresentou apenas grupos supraespecíficos, que já estavam na lista do Plano de Manejo da ESEC. Dessa forma, foi mantida referência aos dados de Elasmobranchii da lista do PMAP na coluna “Categoria superior em uma das listas”, mas o número de espécies permaneceu inalterado. Adicionalmente, foi realizada a revisão taxonômica na lista complementada apresentada no Anexo 1, conforme o Catálogo de Peixes (ESCHMEYER & FONG, 2016).

Resultados e Discussão

A lista atual de espécies de peixes do Plano de Manejo da ESEC Tupiniquins é composta por 128 ocorrências (BRASIL, 2008), sendo que 75 são pertencentes a 33 famílias de peixes ósseos (Actinopterygii) e 53 são distribuídas em 16 famílias de peixes cartilaginosos (Holocephali e Elasmobranchii). A lista complementada, apresentada no Anexo 1, possui 201 ocorrências, melhor resolução taxonômica do que a original em 4 grupos (famílias Clupeidae e Engraulidae e gêneros *Centropomus*, *Mugil*) e 188 ocorrências identificadas a nível específico, 12 de gênero e 1 família. A lista complementada incrementou em 65 espécies, 25 famílias e 6 ordens à lista atual (Figura 2). A intersecção entre as listas atual e complementada foi de 16 espécies, evidenciando uma alta reposição (*turnover*) entre espécies diretamente associadas às ilhas da ESEC Tupiniquins (BRASIL, 2008) e espécies associadas a habitats adjacentes, aos quais referem-se os dados pesqueiros. Outras espécies compartilhadas entre as listas podem ocorrer nas categorias multiespecíficas, que podem abranger gêneros ou famílias.

Em relação à diversidade taxonômica, a complementação provida pelos dados do Instituto de Pesca aumenta em um terço o número de famílias de actinoptérgeos registradas, somando 25 novas famílias, mas não acrescenta aos elasmobrânquios novos registros (Figura 2C). Tal disparidade entre actinoptérgeos e elasmobrânquios sugere que o método de Avaliação Ecológica Rápida utilizado para a elaboração do plano de manejo (BRASIL, 2008) foi insuficiente para amostrar a diversidade taxonômica de espécies de peixes ósseos, mas abrangeu satisfatoriamente a diversidade taxonômica dos peixes cartilaginosos. Os dados pesqueiros são limitados para tubarões, cações e raias por utilizar muitos grupos supraespecíficos para seus levantamentos.

Uma explicação para a subestimativa inicial da riqueza e diversidade taxonômica de actinoptérgeos pelo método de Avaliação Ecológica Rápida que subsidiou a lista atual resulta de um foco em ambientes recifais em detrimento a ambientes de águas abertas e fundos não consolidados. Dessa forma, ficaram excluídas da lista oficial da unidade as espécies pelágicas, bem como outras espécies associadas a fundos não consolidados. Por exemplo, dentre os actinoptérgeos, as famílias com os maiores ganhos de riqueza de espécies na lista complementada são Carangidae e Scianidae (Figura 3): o grupo dos carangídeos, família dos xaréus, compreende majoritariamente espécies pelágicas de mar aberto, embora espécies recifais não sejam raras, assim como ocorre dentre os Centropomidae (grupo dos robalos); já dentre os Scianidae, a família das corvinas, a maioria das espécies é associada a habitats de fundos arenosos ou lodosos ocorrentes nas circunvizinhanças de ilhas, onde também são encontradas diversas espécies de Mugilidae (tainhas) e Haemulidae (roncadores) (NELSON, 2006; HELFMAN *et al.*, 2009). Dessa forma, é recomendável que as amostragens futuras contemplem amplamente a diversidade local de habitats, uma necessidade-chave para garantir dados que subsidiem a conservação da biodiversidade marinha (GRAY, 1996).

O reconhecimento das atuais lacunas geográficas, temporais e taxonômicas nos dados existentes é um passo central para aumentar a qualidade das informações que subsidiam a gestão biodiversidade. Dentre diferentes estratégias de complementação possíveis, a disponibilização de

dados de séries históricas tem um papel estratégico (FAITH *et al.*, 2013). Nesta revisão da lista de espécies ocorrentes na ESEC Tupiniquins, mostramos que dados publicamente disponíveis nas séries históricas da estatística pesqueira paulista têm grande potencial para complementação de lacunas de conhecimento sobre a riqueza e abrangência taxonômica das espécies de peixes ocorrentes em unidades de conservação marinhas. A utilização de dados da estatística pesqueira aumenta a abrangência taxonômica e de habitat dos inventários locais de composição biótica e também garante informações ao longo de séries temporais extensas, os quais compreendem três critérios fundamentais de suficiência amostral para estudos ambientais (TRAJANO, 2010). Ao mobilizarmos recursos e informações já existentes para sanarmos a falta ou deficiência de informações sobre biodiversidade, estaremos contribuindo para uma alocação mais eficiente dos limitados recursos para políticas de conservação, bem como lançando as bases para o entendimento da estrutura e dinâmica das comunidades marinhas, o qual representa o alicerce necessário para que essas políticas se estruturem em longo prazo.

Agradecimentos

Agradeço ao Instituto Chico Mendes de Conservação à Biodiversidade pelo apoio à realização desta pesquisa e à Roberta Bonaldo (Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, USP), por suas críticas e sugestões.

Referências

- AMARAL, A.C.Z. e S. JABLONSKI. 2005. Conservação da biodiversidade marinha e costeira no Brasil. Megadiversidade 1: 43-51.
- ÁVILA-DA-SILVA, A. O., M. H. CARNEIRO e L. FAGUNDES. 1999. Sistema gerenciador de banco de dados de controle estatístico da produção pesqueira marítima - ProPesq. Anais do XI CONBEP e do I CONLAEP, 2: 824-832. Recife (17-21/01/1999). Available at <ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/propesq.pdf>
- ÁVILA-DA-SILVA, A. O., M. H. CARNEIRO, J. T. MENDONÇA, G. J. M. SERVO e G. C. C. BASTOS. 2004. Produção pesqueira marinha no Estado de São Paulo no ano de 2002. Série Relatórios Técnicos, São Paulo. ISSN 1678-2283. Available at <ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/propesq2002.pdf>.

- BRASIL. 2008. Plano de Manejo da Estação Ecológica dos Tupiniquins. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 403 p.
- CROWDER, L.B. e E.A. NORSE. 2008. Essential ecological insights for marine ecosystem-based management and marine spatial planning. *Marine Policy* 32: 772-778.
- ESCHMEYER, W.N. e J. D. FONG. 2016. Species by family/subfamily. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>). Acessado em 05 de maio de 2016.
- FAITH, D. P., B. COLLEN, A. H. ARIÑO, P. KOLEFF, J. GUINOTTE, *et al.* 2013. Bridging biodiversity data gaps: recommendations to meet users' data needs. *Biodiversity Informatics* 8: 41-58.
- FAO. 1998. Guidelines for the routine collection of capture fishery data. FAO Fisheries Technical Paper, Roma, nº 382. 113p.
- FRANKLIN, J. 2010. Mapping species distributions: spatial inference and prediction. Cambridge University Press, 7ª Edição.
- GADIG, O. B. F. 2002. Fauna de peixes cartilaginosos da Estação Ecológica dos Tupiniquins e Área de Relevante Interesse Ecológico da Queimada Grande e Queimada Pequena, São Paulo: Subsídios para o seu manejo. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Relatório Técnico. 120 pp.
- GRAY, J. S. 1996. Marine biodiversity: patterns, threats, and conservation needs. *Biodiversity and Conservation* 6: 153-175.
- HELFMAN, G., B. B. COLLETTE, D. E. FACEY e B. W. BOWEN. 2009. The diversity of fishes: Biology, Evolution, and Ecology. Wiley-Blackwell, 736 pp.
- HENGL, T.; H. SIERDSEMA., A. RADOVIĆ e A. DILO. 2009. Spatial prediction of species' distributions from occurrence-only records: combining point pattern analysis, ENFA and regression-kriging. *Ecological Modelling* 220: 3499-3511.
- IUCN. 2015. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015-4. Available at www.iucnredlist.org . Downloaded on 23 February 2016.
- METZGER, J. P. e L. CASATTI. 2006. Do diagnóstico à conservação da biodiversidade: o estado da arte do programa BIOTA/FAPESP. *Biota Neotropica* 6 (2).
- MIKICH, S. B. e R. S. BÉRNILS. 2004. Livro vermelho da fauna ameaçada no Estado do Paraná. Curitiba: Instituto Ambiental do Paraná. CD-ROM.
- MMA. 2014. Portaria No 445, de 17 de dezembro de 2014. Reconhecer como espécies de peixes e invertebrados aquáticos da fauna brasileira ameaçadas

de extinção aquelas constantes da “Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção – Peixes e Invertebrados Aquáticos”.

- MOURA, R. L. 2002. Levantamento Rápido das comunidades de peixes associados a fundos consolidados da Estação Ecológica dos Tupiniquins. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Relatório Técnico. 53p.
- NELSON, J. S. 2006. Fishes of the world. Fourth Edition. John Wiley and Sons, Hoboken, NJ. 600 pp.
- PASSAMANI, M. e S. L. MENDES. (org.). 2007. Espécies da fauna ameaçadas de extinção no Estado do Espírito Santo. Instituto de Pesquisas da Mata Atlântica. Vitória – ES. 140p.
- PEREIRA, H. M., P. W. LEADLEY, V. PROENÇA., R. ALKEMADE, J. P. W. SCHALERMANN *et al.* 2010. Scenarios for global biodiversity in the 21st century. Science 330: 1496–1501.
- RIO DE JANEIRO. 2011. O Estado do ambiente: indicadores ambientais do Rio de Janeiro – Ano 2010. Organizadoras: J. Bastos e P. Napoleão. Instituto Estadual do Ambiente (INEA) – Secretaria de Estado do Ambiente. 160p.
- RIO GRANDE DO SUL. 2014. Decreto No 51.797, de 8 de setembro de 2014. Declara as Espécies da Fauna Silvestre Ameaçadas de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul.
- SALE, P., T. AGARDY, C. H. AINSWORTH, B. E. FEIST, J. D. BELL *et al.* 2014. Transforming management of tropical coastal seas to cope with challenges of the 21st century. Marine Pollution Bulletin 85: 8-23.
- SANTA CATARINA. 2011. Resolução Consema No 002, de 06 de dezembro de 2011. Reconhece a Lista Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção no Estado de Santa Catarina e dá outras providências.
- SÃO PAULO. 2008. Decreto No 53.494, de 2 de outubro de 2008. Declara as Espécies da Fauna Silvestre Ameaçadas, as Quase Ameaçadas, as Colapsadas, Sobrexplotadas, Ameaçadas de Sobrexplotação e com dados insuficientes para avaliação no Estado de São Paulo e dá providências correlatas.
- SAYRE, R., E. ROCA, G. SEDAGHATKISH, B. YOUNG, KEEL, S. *et al.* 2003. Natureza em foco: avaliação ecológica rápida. The Nature Conservancy. 193 p.
- TELENIUS, A. 2011. Biodiversity information goes public: GBIF at your service. Nordic Journal of Botany 29: 378–381.
- TRAJANO, E. 2010. Políticas de conservação e critérios ambientais: princípios, conceitos e protocolos. Estudos Avançados 24: 135-146.

Legendas das Figuras

Figura 1. Localização das unidades insulares que compõem a Estação Ecológica dos Tupiniquins e delimitação da área a partir da qual uma lista de espécie complementar foi compilada a partir de dados de estatística pesqueira providos pelo Instituto de Pesca do Estado de São Paulo.

Figura 2. Número de (A) ocorrências, (B) espécies e (C) famílias de peixes ósseos (Actinopterygii) e cartilaginosos (Elasmobranchii) ocorrentes na Estação Ecológica dos Tupiniquins, no litoral sul do Estado de São Paulo, conforme a lista atual (cinza) e a lista complementada (preto) com dados providos pelo Instituto de Pesca do Estado de São Paulo para capturas realizadas na adjacência imediata da ESEC Tupiniquins e descarregadas em municípios costeiros paulistas no período entre 2009 e 2014.

Figura 3. Riqueza (número de espécies) de peixes ósseos (Actinopterygii) em cada família dessa classe ocorrente na Estação Ecológica dos Tupiniquins, no litoral sul do Estado de São Paulo, conforme a lista atual (cinza) e a lista complementada (preto) com dados providos pelo Instituto de Pesca do Estado de São Paulo para capturas realizadas na adjacência imediata da ESEC Tupiniquins e descarregadas em municípios costeiros paulistas no período entre 2009 e 2014.

FIGURA 1

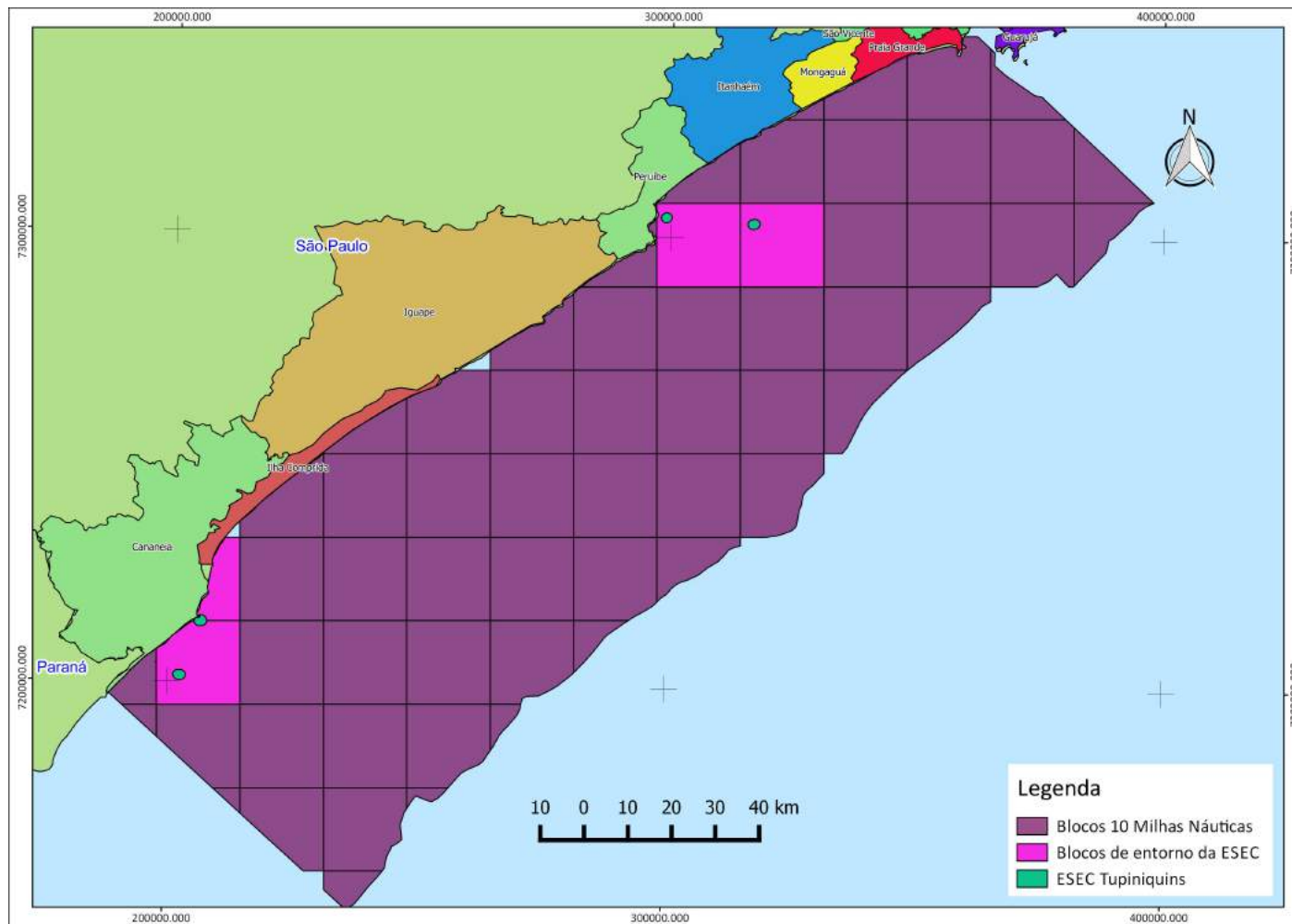


FIGURA 2

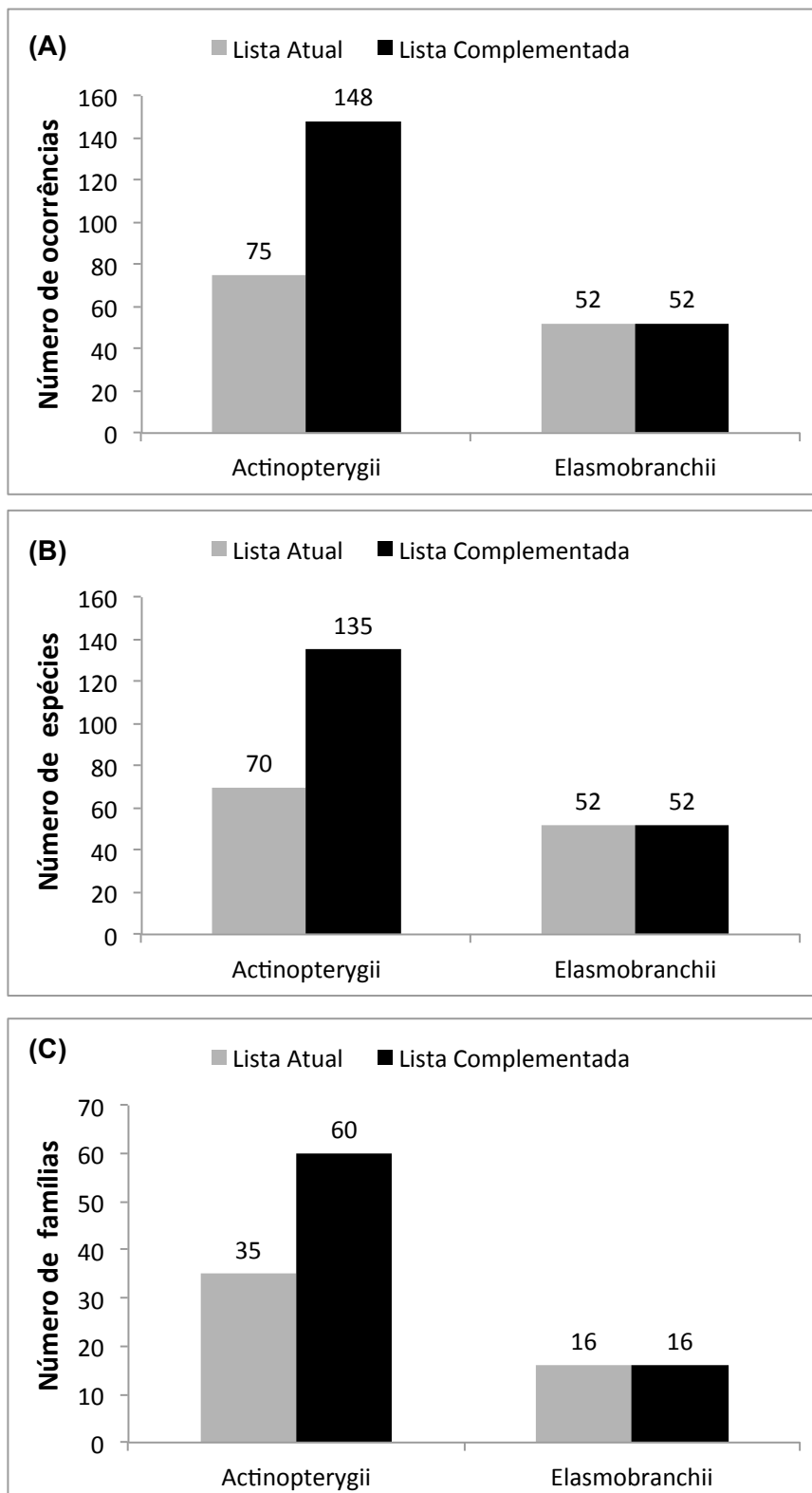


FIGURA 3

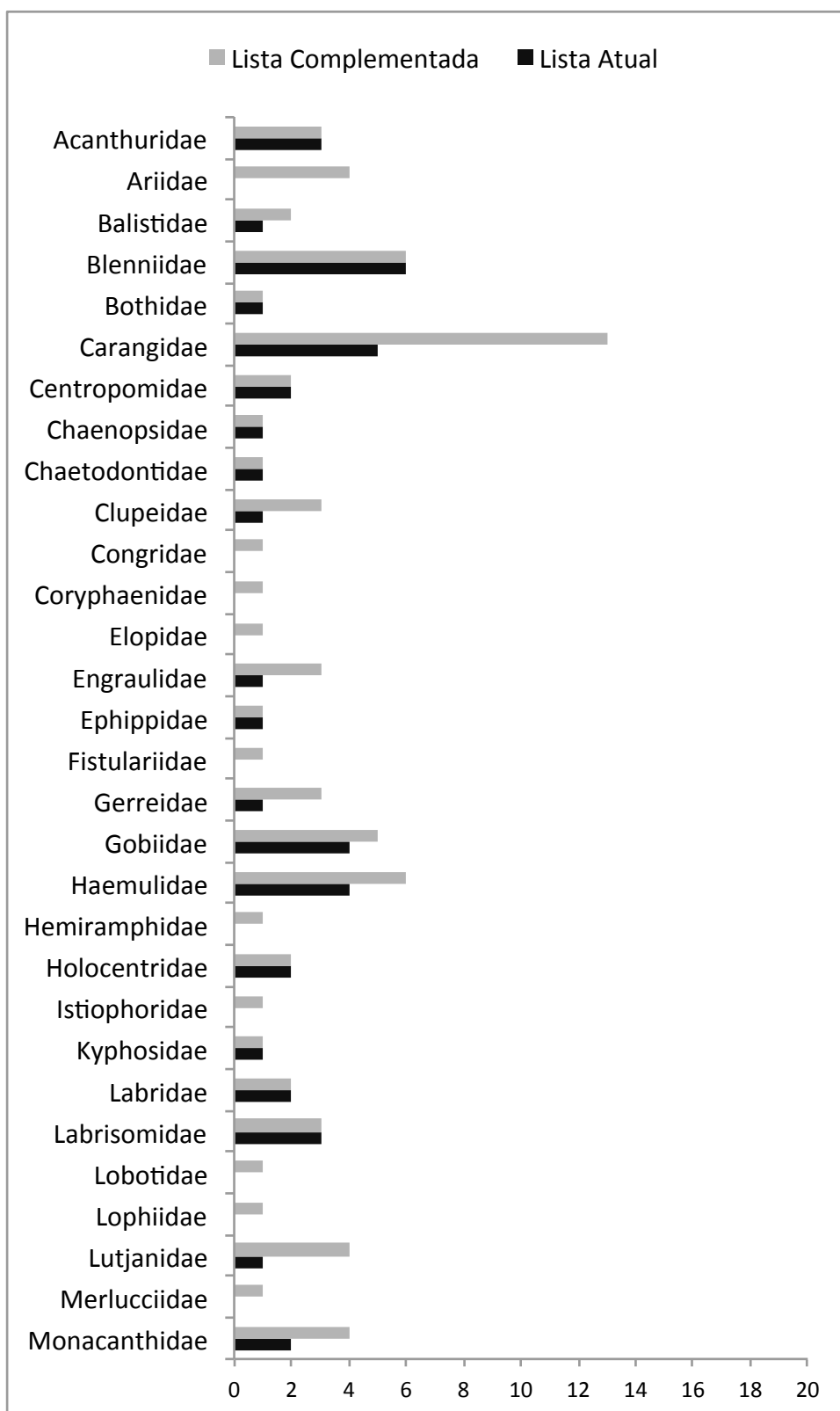
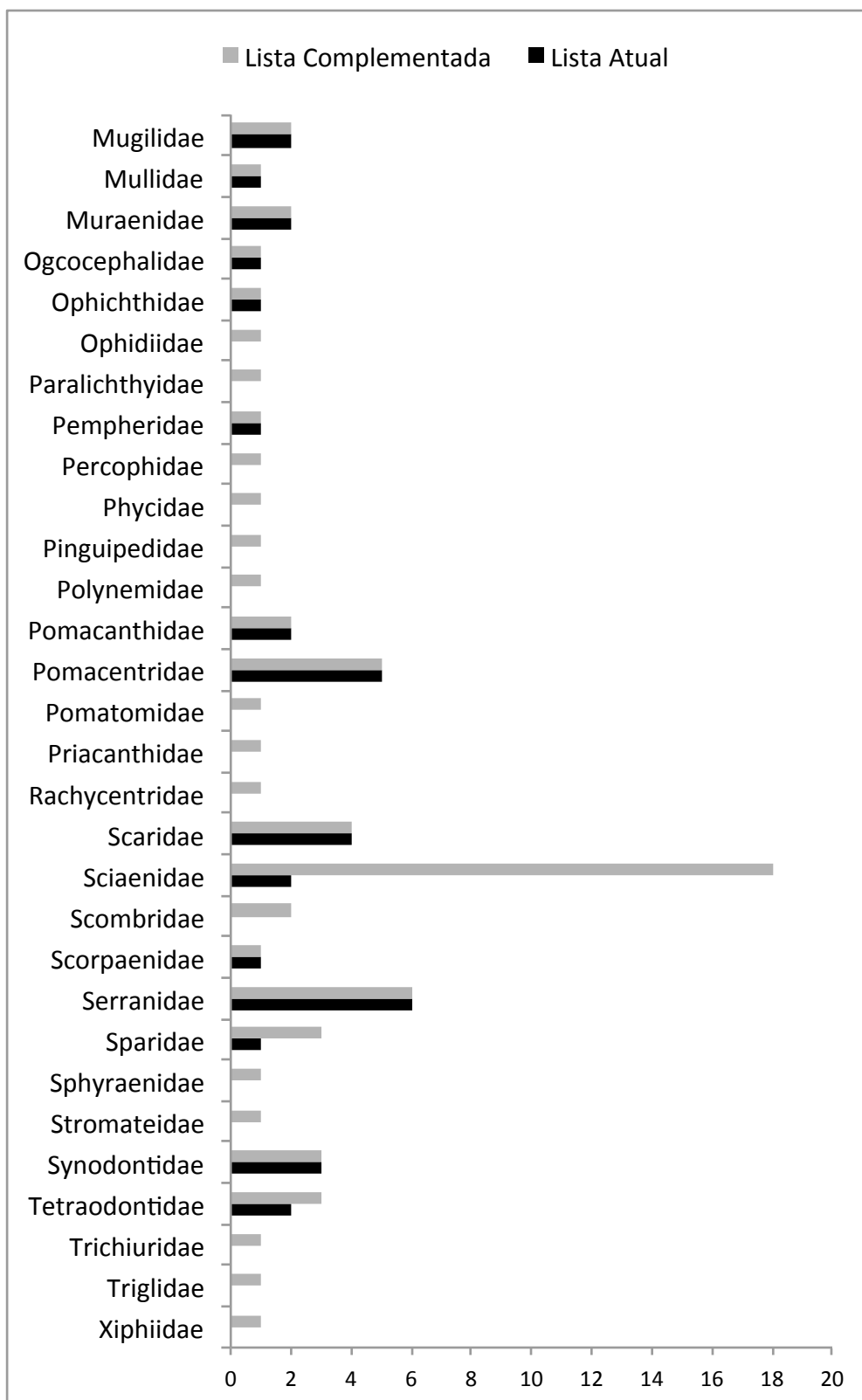


FIGURA 3 (CONTINUAÇÃO)



ANEXO 1. Lista de espécies da Estação Ecológica dos Tupiniquins agrupando informações do Plano de Manejo (PM) da unidade (BRASIL, 2008) e das espécies capturadas nos blocos de entorno da ESEC de acordo com os dados do Programa de Monitoramento da Atividade Pesqueira Marinha e Estuarina (PMAP). Siglas: AC – Classe Actinopterygii, EL – Classe Elasmobranchii, HO – Classe Holocephali, CR – Criticamente em Perigo, DD – Dados Insuficientes, EN – Em perigo, EW – Extinta na Natureza, LC – Menos Preocupante; NT – Quase Ameaçada, VU – Vulnerável, RE – Regionalmente Extinta, CO – Colapsada, SE – Sobreexplotada, AS – Ameaçada de Sobreexplotação, X – dados presentes na lista em nível de espécie, XX – dados presentes na lista em nível de gênero e XXX – dados presentes na lista em nível de família (MIKICH & BÉRNILS, 2004; PASSAMANI & MENDES, 2007; SÃO PAULO, 2008; SANTA CATARINA, 2011; RIO DE JANEIRO, 2011; RIO GRANDE DO SUL, 2014; MMA, 2014; IUCN, 2015).

Classe	Ordem	Família	Nome científico	Nome comum	Nível taxonômico	Categoria superior em uma das listas	Portaria 445/2014	Lista SP 2008	Outras avaliações	Lista PMAP	Lista PM ESEC	Ambientes
EL	Hexanchiformes	Hexanchidae	<i>Notorynchus cepedianus</i> (Péron, 1807)	cação-bruxa	Espécie		CR		DD (IUCN); NT A2ad (RS)		X	Marinha, estuarina, demersal
EL	Orectolobiformes	Ginglymostomatidae	<i>Ginglymostoma cirratum</i> (Bonnaterre, 1788)	tubarão-lixia, cação-lixia, lambarú, urumarú	Espécie		VU	RE	DD (IUCN); VU A4d (ES); EX (Munic. RJ)		X	Marinha, estuarina associada a recife
EL	Lamniformes	Odontaspidae	<i>Carcharias taurus</i> Rafinesque, 1810	cação-mangona, mangona	Espécie		CR	CO	VU A2ab+3d (IUCN); DD (PR), VU (Munic. RJ); CR A2bd (RS); CR (SC)	X	X	Marinha associada a recifes, oceanódroma
EL	Lamniformes	Lamnidae	<i>Carcharodon carcharias</i> (Linnaeus, 1758)	tubarão-branco	Espécie		VU	AS	VU A2cd+3cd (IUCN); VU A4d (ES); EN (Munic. RJ); VU A1cd (PR)		X	Marinha, estuarina, oceanódroma

EL	Lamniformes	Lamnidae	<i>Isurus oxyrinchus</i> Rafinesque, 1809	tubarão-mako, tubarão-anequim, tubarão-cavala, marracho	Espécie		AS	VU A2abd+3bd+4abd (IUCN)	X	X	Marinha, oceanódroma	
EL	Lamniformes	Alopiidae	<i>Alopias vulpinus</i> (Bonnaterre, 1788)	tubarão-raposa, tubarão-rabudo, zorro-comum, tubarão-saltador	Espécie		VU	VU A2bd+3bd+4bd (IUCN)		X	Marinha, oceanódroma	
EL	Carcharhini- formes	Triakidae	<i>Mustelus canis</i> (Mitchill, 1815)	boca-de-velha, bodinho, bico-doce, cação-cola-fina	Espécie		EN	AS	NT (IUCN); EN A2b (RS)		X	Marinha, estuarina demersal, oceanódroma
EL	Carcharhini- formes	Triakidae	<i>Mustelus higmani</i> Springer & Lowe, 1963	canejo	Espécie			AS	LC (IUCN)		X	Marinha, estuarina demersal
EL	Carcharhini- formes	Triakidae	<i>Mustelus schmitti</i> Springer, 1939	tubarão-bico-doce- pintado, cação-bico- doce, cola-fina, cação-sebastião, canejo, boca-de- velho	Espécie		CR	SE	EN A2bd+3bd+4bd (IUCN), CR (SC); CR A2bd (RS)		X	Marinha demersal, oceanódroma
EL	Carcharhini- formes	Carcharhi- nidae	<i>Carcharhinus</i> <i>acronotus</i> (Poey, 1860)	cação-lombo-preto, tubarão-flamengo	Espécie	machote (gênero <i>Carcharhinus</i>)			NT (IUCN)	XX	X	Marinha associada a recifes
EL	Carcharhini- formes	Carcharhi- nidae	<i>Carcharhinus</i> <i>brachyurus</i> (Günther, 1870)	cação-baía, machote, cação-cabeça-chata	Espécie	machote (gênero <i>Carcharhinus</i>)		SE	NT (IUCN)	XX	X	Marinha, estuarina associada a recifes
EL	Carcharhini- formes	Carcharhi- nidae	<i>Carcharhinus</i> <i>brevipinna</i> (Müller & Henle, 1839)	tubarão-galha-preta, sicuri-da-galha-preta	Espécie	cação-galha- preta (<i>Carcharhinus</i> sp. (Grupo <i>brevipinna</i> / <i>limbatus</i>))		SE	NT (IUCN)	XX	X	Marinha associada a recife, oceanódroma
EL	Carcharhini- formes	Carcharhi- nidae	<i>Carcharhinus</i> <i>falciformis</i> (Müller & Henle, 1839)	tubarão-lombo-preto, focinhudo, negrinho, cação-em-cima- d'água, cação-bahia	Espécie	machote (gênero <i>Carcharhinus</i>)			NT (IUCN)	XX	X	Marinha associada a recifes, oceanódroma
EL	Carcharhini-	Carcharhi-	<i>Carcharhinus</i> <i>isodon</i> (Müller &	tubarão-dente-de-	Espécie	machote (gênero	EX		LC (IUCN)	XX	X	Marinha demersal

	formes	nidae	Henle, 1839)	agulha		<i>Carcharhinus</i>)	(BR)						
EL	Carcharhini-formes	Carcharhi-nidae	<i>Carcharhinus leucas</i> (Müller & Henle, 1839)	cabeça-chata, boca-redonda, cabeça-de-cesto, cabeça-de-balaio	Espécie	machote (gênero <i>Carcharhinus</i>)		SE	NT (IUCN)	XX	X	Marinha, agua doce, estuarina associada a recifes, anfídroma	
EL	Carcharhini-formes	Carcharhi-nidae	<i>Carcharhinus limbatus</i> (Müller & Henle, 1839)	tubarão-galha-preta, sacuri, corta-garoupa, sucuri-da-galha-preta, salteador	Espécie	cação-galha-preta (<i>Carcharhinus</i> sp. (Grupo <i>brevipinna/limbatus</i>))		SE	NT (IUCN), DD (PR)	XX	X	Marinha, estuarina associada a recifes, anfídroma	
EL	Carcharhini-formes	Carcharhi-nidae	<i>Carcharhinus obscurus</i> (Lesueur, 1818)	cação-fidalgo, machote, cação-baía, cabeça-chata-do-sul	Espécie	machote (gênero <i>Carcharhinus</i>)	EN	SE	VU A2bd (IUCN); DD (RS)	XX	X	Marinha, estuarina associada a recifes, oceanódroma	
EL	Carcharhini-formes	Carcharhi-nidae	<i>Carcharhinus plumbeus</i> (Nardo, 1827)	tubarão-galhudo, tubarão-sucuri	Espécie	machote (gênero <i>Carcharhinus</i>)	CR	SE	VU A2bd+4bd (IUCN); CR A2bd (RS)	XX	X	Marinha, bentopelágica, oceanódroma	
EL	Carcharhini-formes	Carcharhi-nidae	<i>Carcharhinus porosus</i> (Ranzani, 1839)	cação-azeiteiro, cação-rabo-fino, tubarão-junteiro	Espécie	machote (gênero <i>Carcharhinus</i>)	CR	SE	DD (IUCN); VU A4d (ES); DD (PR)	XX	X	Marinha, estuarina demersal	
EL	Carcharhini-formes	Carcharhi-nidae	<i>Rhizoprionodon lalandii</i> (Müller & Henle, 1839)	cação-frango, figuinho, rabo-seco, milho-verde, cação-rola-rola	Espécie	cação-rola-rola (gênero <i>Rhizoprionodon</i>)		AS	DD (IUCN); VU (Munic. RJ)	XX	X	Marinha demersal	
EL	Carcharhini-formes	Carcharhi-nidae	<i>Rhizoprionodon porosus</i> (Poey, 1861)	tubarão-rabo-seco, tubarão-frango, cação-frango, tubarão-figuinho	Espécie	cação-rola-rola (gênero <i>Rhizoprionodon</i>)		AS	LC (IUCN); VU (Munic. RJ)	XX	X	Marinha, agua doce, estuarina associada a recifes	
EL	Carcharhini-formes	Carcharhi-nidae	<i>Galeocerdo cuvier</i> (Peron & Lesueur, 1822)	tubarão-tigre, tintureira, jaguara, tigrado	Espécie			SE	NT (IUCN)	X	X	Marinha, estuarina bentopelágica, oceanódroma	
EL	Carcharhini-formes	Carcharhi-nidae	<i>Negaprion brevirostris</i> (Poey, 1868)	tubarão-limão, cação-limão	Espécie		VU	RE	NT (IUCN),		X	Marinha, estuarina associada a recifes, oceanódroma	

EL	Carcharhini- formes	Sphyrnidae	<i>Sphyrna lewini</i> (Griffith & Smith, 1834)	tubarão-martelo- entalhado, vaca, cambeva	Espécie	cambeva (gênero <i>Sphyrna</i>)	CR	AS	EN A2bd+4bd (IUCN); VU (Munic. RJ); DD (PR); CR A2bd (RS); EN (SC)	XX	X	Marinha, estuarina, oceanódroma
EL	Carcharhini- formes	Sphyrnidae	<i>Sphyrna media</i> Springer, 1940	tubarão-martelo-de- aba-curta, cação- martelo, rudela, rudela-redonda	Espécie	cambeva (gênero <i>Sphyrna</i>)	CR	AS	DD (IUCN); EX (Munic. RJ)	XX	X	Marinha demersal
EL	Carcharhini- formes	Sphyrnidae	<i>Sphyrna mokarran</i> (Rüppell, 1837)	tubarão-martelo- grande, cambeva, panã	Espécie	cambeva (gênero <i>Sphyrna</i>)	EN		EN A2bd+4bd (IUCN); VU (Munic. RJ)	XX	X	Marinha, estuarina, oceanódroma
EL	Carcharhini- formes	Sphyrnidae	<i>Sphyrna tiburo</i> (Linnaeus, 1758)	tubarão-martelo	Espécie	cambeva (gênero <i>Sphyrna</i>)	CR	CO	LC (IUCN); EX (Munic. RJ); VU A4de (ES)	XX	X	Marinha, estuarina associada a recifes
EL	Carcharhini- formes	Sphyrnidae	<i>Sphyrna tudes</i> (Valenciennes, 1822)	tubarão-martelo, panã-aarela	Espécie	cambeva (gênero <i>Sphyrna</i>)	CR		VU A2ad+3d+4ad (IUCN); EX (Munic. RJ)	XX	X	Marinha bentopelágica
EL	Carcharhini- formes	Sphyrnidae	<i>Sphyrna zygaena</i> (Linnaeus, 1758)	tubarão-martelo-liso	Espécie	cambeva (gênero <i>Sphyrna</i>)	CR	AS	VU A2bd+3bd+4bd (IUCN); VU (Munic. RJ); CR A2d (RS); EN (SC)	XX	X	Marinha, estuarina, oceanódroma
EL	Squaliformes	Squalidae	<i>Squalus acanthias</i> Linnaeus, 1758	cação-bagre	Espécie		CR		VU A2bd+3bd+4bd (IUCN)		X	Marinha, estuarina, bentopelágica, oceanódroma
EL	Squatini- formes	Squatinae	<i>Squatina</i> <i>guggenheim</i> Marini, 1936	cação-anjo- espinhudo/ espinhoso	Espécie	cação-anjo (gênero <i>Squatina</i>)	CR	SE	EN A2bd (IUCN); VU A1bd (PR); CR A2bd (RS); EN (SC)	XX	X	Marinha, estuarina demersal
EL	Squatini- formes	Squatinae	<i>Squatina occulta</i> Vooren & da Silva, 1992	cação-anjo-de-asa- curta, tubarão-anjo- oculto	Espécie	cação-anjo (gênero <i>Squatina</i>)	CR	SE	EN A2bd (IUCN); DD (PR); CR A2bd (RS)	XX	X	Marinha demersal
EL	Torpedini- formes	Narcinidae	<i>Narcine</i> <i>brasiliensis</i>	raia-elétrica, treme- treme	Espécie				DD (IUCN)		X	Marinha associada a recifes

			(Olfers, 1831)									
EL	Rajiformes	Rhinobati- dae	<i>Rhinobatos horkelii</i> Müller & Henle, 1841	raia-viola	Espécie	viola (gênero <i>Rhinobatos</i>)	CR	CO	CR A2bd (IUCN); VU (Munic. RJ); VU A1bd (PR); CR A2bd (RS); CR (SC);	XX	X	Marinha demersal, oceanódroma
EL	Rajiformes	Rhinobati- dae	<i>Rhinobatos percellens</i> (Walbaum, 1792)	raia-viola-do-sul	Espécie	viola gênero <i>Rhinobatos</i>)		SE	NT (IUCN)	XX	X	Marinha demersal
EL	Rajiformes	Rhinobati- dae	<i>Zapteryx brevirostris</i> (Müller & Henle, 1841)	raia-viola, banjo, gardino	Espécie		VU	SE	VU A2ab+3b+4ab (IUCN); CR A2bd (RS);		X	Marinha demersal
EL	Rajiformes	Arhyncho- batidae	<i>Atlantoraja castelnaui</i> (Miranda Ribeiro, 1907)	raia-chita, raia- marcela, emplastro- pintado, raia-pintada	Espécie		EN	SE	EN A2bd+3bd+4bd (IUCN); EN A2bd (RS)	X	X	Marinha demersal
EL	Rajiformes	Arhyncho- batidae	<i>Atlantoraja cyclophora</i> (Regan, 1903)	raia-santa, raia- olhuda, emplastro- carimbado, raia- carimbada	Espécie	raia-emplastro (família Arhynchobatidae)		AS	VU A3bd+4bd (IUCN)	XX	X	Marinha demersal
EL	Rajiformes	Arhyncho- batidae	<i>Rioraja agassizii</i> (Müller & Henle, 1841)	raia-santa	Espécie	raia-emplastro (família Arhynchobatidae)	EN	SE	VU A4d (IUCN); EN A2b (RS)	XX	X	Marinha demersal
EL	Myliobatiformes	Dasyatidae	<i>Dasyatis americana</i> Hildebrand & Schroeder, 1928	raia-prego, raia- manteiga	Espécie				DD (IUCN); VU (Munic. RJ)		X	Marinha, estuarina associada a recife
EL	Myliobatiformes	Dasyatidae	<i>Dasyatis centroura</i> (Mitchill, 1815)	raia-prego-de-cauda- áspera, raia-de- pedra, raia-amarela	Espécie		CR		LC (IUCN); VU (Munic. RJ); EN A2a (RS);		X	Marinha, estuarina demersal
EL	Myliobatiformes	Dasyatidae	<i>Dasyatis guttata</i> (Block & Schneider, 1801)	raia-branca, raia- lixa, raia-couro-de- lixa, raia-manteiga, raia-bico-de-remo	Espécie				DD (IUCN)		X	Marinha demersal
EL	Myliobatiformes	Dasyatidae	<i>Dasyatis say</i> (Lesueur, 1817)	raia-prego, raia- manteiga	Espécie				LC (IUCN)		X	Marinha, estuarina demersal

EL	Myliobatiformes	Gymnuriidae	<i>Gymnura altavela</i> (Linnaeus, 1758)	raia-manteiga, raia-borboleta	Espécie	CR		VU A2bd+4bd (IUCN); EN A2b (RS);	X	Marinha, estuarina demersal
EL	Myliobatiformes	Gymnuriidae	<i>Gymnura micrura</i> (Block & Schneider, 1801)	raia-manteiga, raia-borboleta-lisa, raia-papel	Espécie			DD (IUCN)	X	Marinha, estuarina demersal
EL	Myliobatiformes	Myliobatidae	<i>Myliobatis freminvillei</i> Lesueur, 1824	arraia-amarela, raia-sapo	Espécie	EN	AS	DD (IUCN); CR A4b (RS)	X	Marinha, estuarina bentopelágica
EL	Myliobatiformes	Myliobatidae	<i>Aetobatus narinari</i> (Euphrasen, 1790)	raia-chita, raia-pintada	Espécie		AS	NT (IUCN)	X	Marinha, estuarina associada a recifes, anfídroma
EL	Myliobatiformes	Myliobatidae	<i>Rhinoptera bonasus</i> (Mitchill, 1815)	raia-beiço-de-boi, ticonha	Espécie		SE	NT (IUCN)	X	Marinha, estuarina bentopelágica, oceanódroma
EL	Myliobatiformes	Myliobatidae	<i>Rhinoptera brasiliensis</i> Müller, 1836	raia-beiço-de-boi, ticonha	Espécie	CR	SE	EN A2abcd+3bcd+4abcd; B1ab(i,iii, v) (IUCN); CR A2abd (RS)	X	Marinha demersal
EL	Myliobatiformes	Myliobatidae	<i>Mobula hypostoma</i> (Bancroft, 1831)	raia-manta, raia-jamanta	Espécie	VU	AS	DD (IUCN); DD (PR)	X	Marinha
EL	Myliobatiformes	Myliobatidae	<i>Mobula thurstoni</i> (Lloyd, 1908)	raia-jamanta	Espécie	VU		NT (IUCN)	X	Marinha
EL	Myliobatiformes	Myliobatidae	<i>Manta birostris</i> (Walbaum, 1792)	raia-manta, raia-jamanta	Espécie	VU	AS	VU A2abd+3bd+4abd (IUCN), DD (PR)	X	Marinha associada a recifes, oceanódroma
HO	Chimaeriformes	Callorhynchidae	<i>Callorhynchus callorhynchus</i> (Linnaeus, 1758)	quimera	Espécie			LC (IUCN)	X	Marinha demersal
AC	Elopiformes	Elopidae	<i>Elops saurus</i> Linnaeus, 1766	ubarana	Espécie			LC (IUCN)	X	Marinha, estuarina associada a recifes
AC	Anguilliformes	Muraenidae	<i>Gymnothorax moringa</i> (Curvier, 1829)	aimoré, camburú-pintado, caramuru-pinima, enguia, moreia americana, moreia-pintada,	Espécie			LC (IUCN)	X	Marinha associada a recifes

				moreia-verde, morongo								
AC	Anguilliformes	Muraenidae	<i>Gymnothorax vicinus</i> (Castelnau, 1855)	caramuru-mulato, caramuru-pinima, moreia-amarela, moreia-preta	Espécie			LC (IUCN)		X		Marinha associada a recifes
AC	Anguilliformes	Ophichthidae	<i>Myrichthys ocellatus</i> (Lesueur, 1825)	mururongo, falsa- moreia-pintada, miriquitis, murucutuca ocelada, muriongo	Espécie			LC (IUCN)		X		Marinha associada a recifes
AC	Anguilliformes	Congridae	<i>Conger orbignianus</i> Valenciennes, 1837	enguia	Espécie			DD (RS)		X		Marinha, demersal
AC	Clupeiformes	Clupeidae	<i>Brevoortia pectinata</i> (Jenyns, 1842)	savelha	Espécie	Família Clupeidae				X	XXX	Marinha, estuarina, nerítico-pelágica
AC	Clupeiformes	Clupeidae	<i>Opisthonema oglinum</i> (Lesueur, 1818)	sardinha-bandeira	Espécie	Família Clupeidae		LC (IUCN)		X	XXX	Marinha associada a recifes
AC	Clupeiformes	Clupeidae	<i>Sardinella brasiliensis</i> (Steindachner, 1879)	sardinha-verdadeira	Espécie	Família Clupeidae	SE	VU (Munic. RJ)		X	XXX	Marinha, estuarine, nerítico-pelágica, oceanódroma
AC	Clupeiformes	Engraulidae	<i>Anchoviella lepidentostole</i> (Fowler, 1911)	manjuba-de-iguape	Espécie			LC (IUCN)		X		Marinha, água doce, estuarina, nerítico- pelágica, anádroma
AC	Clupeiformes	Engraulidae	<i>Anchoa</i> spp.	Manjuba agrupadas	Gênero	Família Engraulidae				XX	XXX	
AC	Clupeiformes	Engraulidae	<i>Anchoa marinii</i> Hildebrand, 1943	manjuba-chata	Espécie	Família Engraulidae				X	XXX	Marinha, pelágica oceânica, oceanódroma
AC	Siluriformes	Ariidae	<i>Bagre bagre</i> (Linnaeus, 1766)	sari-sari	Espécie			LC (IUCN)		X		Marinha, estuarina, demersal

AC	Siluriformes	Ariidae	<i>Cathorops spixii</i> (Agassiz, 1829)	bagre-amarelo	Espécie				X		Marinha, estuarina, demersal
AC	Siluriformes	Ariidae	<i>Genidens barbatus</i> (Lacépède, 1803)	bagre-branco	Espécie	EN	SE	EN A4bd (RS)	X		Marinha, estuarina, demersal, oceanódroma
AC	Siluriformes	Ariidae	<i>Genidens genidens</i> (Cuvier, 1829)	pararê	Espécie			LC (IUCN)	X		Marinha, estuarina, demersal
AC	Aulopiformes	Synodontidae	<i>Synodus foetens</i> (Linnaeus, 1766)	peixe-lagarto, traíra- do-mar, catinguento	Espécie			LC (IUCN)	X	X	Marinha, estuarina associada a recifes
AC	Aulopiformes	Synodontidae	<i>Synodus intermedius</i> (Spix & Agassiz, 1829)	peixe-lagarto, traíra- do-mar	Espécie			LC (IUCN)		X	Marinha associada a recifes
AC	Aulopiformes	Synodontidae	<i>Synodus synodus</i> (Linnaeus, 1758)	peixe-lagarto, traíra- do-mar	Espécie			LC (IUCN)		X	Marinha associada a recifes
AC	Gadiformes	Phycidae	<i>Urophycis</i> spp.	abrótea	Gênero				XX		
AC	Gadiformes	Merlucciidae	<i>Merluccius hubbsi</i> Marini, 1933	merluza	Espécie		SE		X		Marinha bentopelágica, oceanódroma
AC	Ophidiiformes	Ophidiidae	<i>Genypterus brasiliensis</i> Regan, 1903	congro-rosa	Espécie		AS	NT A2d (RS)	X		Marinha demersal
AC	Lophiiformes	Lophiidae	<i>Lophius gastrophysus</i> Miranda Ribeiro, 1915	sapo	Espécie		SE	LC (IUCN)	X		Marinha batidemersal
AC	Lophiiformes	Ogcocephalidae	<i>Ogcocephalus vespertilio</i> (Linnaeus, 1758)	peixe-morcego	Espécie					X	Marinha associada a recifes
AC	Beloniformes	Hemiramphidae	<i>Hemiramphus</i> spp.	agulha	Gênero				XX		
AC	Beryciformes	Holocentridae	<i>Holocentrus adscensionis</i> (Osbeck, 1765)	jaguareçá, mariquita	Espécie			LC (IUCN)		X	Marinha associada a recifes

AC	Beryciformes	Holocentridae	<i>Myripristis jacobus</i> Cuvier, 1829	fogueira, juguaraçá, mariquita-do-alto, mariquita-olhão, olho- de-vidro, peixe-gato, pirapitanga	Espécie			LC (IUCN)		X		Marinha associada a recifes
AC	Syngnathi- formes	Fistulari- idae	<i>Fistularia tabacaria</i> Linnaeus, 1758	trombeta	Espécie			LC (IUCN)		X		Marinha, estuarina associada a recifes
AC	Scorpaeni- formes	Scorpaeni- dae	<i>Scorpaena isthmensis</i> Meek & Hildebrand, 1928	mangangá, peixe- pedra, beatinha	Espécie			LC (IUCN)		X		Marinha demersal
AC	Scorpaeni- formes	Triglidae	<i>Prionotus</i> spp.	cabrinha	Gênero					XX		
AC	Perciformes	Centropo- midae	<i>Centropomus parallelus</i> Poey, 1860	robalo-peva	Espécie	Gênero <i>Centropomus</i>	AS	LC (IUCN)		X	XX	Marinha, água doce, estuarina, demersal, anfídroma
AC	Perciformes	Centropo- midae	<i>Centropomus undecimalis</i> (Bloch, 1792)	robalo-flecha	Espécie	Gênero <i>Centropomus</i>	AS	LC (IUCN)		X	XX	Marinha, água doce, estuarina associada a recifes, anfídroma
AC	Perciformes	Serranidae	<i>Diplectrum radiale</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	michole-da-areia, jacundá, margarida, papa-terra	Espécie			LC (IUCN)			X	Marinha, estuarina demersal
AC	Perciformes	Serranidae	<i>Epinephelus itajara</i> (Lichtenstein, 1822)	mero	Espécie		CR	SE	CR A2d (IUCN); EN A4cd (ES); EN (Munic. RJ); VU A1d (PR); EN (SC);	X	X	Marinha, estuarina associada a recifes
AC	Perciformes	Serranidae	<i>Epinephelus marginatus</i> (Lowe, 1834)	garoupa-verdadeira	Espécie		VU	SE	EN A2d (IUCN); VU (Munic. RJ); DD (PR); EN A2d (RS)	X	X	Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Serranidae	<i>Mycteroperca acutirostris</i> (Valenciennes, 1828)	badejo-mira	Espécie	badejo (gênero <i>Mycteroperca</i>)			LC (IUCN); VU (Munic. RJ)	XX	X	Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Serranidae	<i>Serranus baldwini</i> (Evermann &	badejo-mirim	Espécie				LC (IUCN)		X	Marinha associada a recifes

			Marsh, 1899)							
AC	Perciformes	Serranidae	<i>Serranus flaviventris</i> (Cuvier, 1829)	badejo-barriga-branca	Espécie		LC (IUCN)	X		Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Priacanthidae	<i>Priacanthus arenatus</i> Cuvier, 1829	olho-de-cão	Espécie		LC (IUCN)	X		Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Pomatomidae	<i>Pomatomus saltatrix</i> (Linnaeus, 1766)	enchova	Espécie	AS	VU A2bd (IUCN); DD (RS)	X		Marinha, estuarina, oceanódroma
AC	Perciformes	Rachycentridae	<i>Rachycentron canadum</i> (Linnaeus, 1766)	parambiju, bijupirá	Espécie	AS	LC (IUCN); EN (Munic. RJ)	X		Marinha, estuarina associada a recifes, oceanódroma
AC	Perciformes	Carangidae	<i>Caranx crysos</i> (Mitchill, 1815)	carapau, cavaca, garajuba, guaracu, manezinho, solteira, taguara, xarelete, xaréu, xixarro-pintado, xumberga	Espécie		LC (IUCN)	X	X	Marinha, estuarina associada a recifes
AC	Perciformes	Carangidae	<i>Caranx hippos</i> (Linnaeus, 1766)	xaréu	Espécie		LC (IUCN)	X		Marinha, estuarina associada a recifes, oceanódroma
AC	Perciformes	Carangidae	<i>Caranx latus</i> Agassiz, 1831	xaréu, rabo-azedo, xarelete	Espécie		LC (IUCN)	X	X	Marinha, água doce estuarina associada a recifes, oceano-estuarina
AC	Perciformes	Carangidae	<i>Chloroscombrus chrysurus</i> (Linnaeus, 1766)	palombeta	Espécie		LC (IUCN)	X	X	Marinha, estuarina, nerítico-pelágica
AC	Perciformes	Carangidae	<i>Oligoplites</i> spp.		Gênero	guaivira (gênero <i>Oligoplites</i>)		XX		
AC	Perciformes	Carangidae	<i>Pseudocaranx dentex</i> (Bloch & Schneider, 1801)	garapoá, guaracimbora, xaréu-branco, vento-leste	Espécie		LC (IUCN)	X	X	Marinha, estuarina associada a recifes
AC	Perciformes	Carangidae	<i>Selene setapinnis</i>	galo-sem-penacho	Espécie		LC (IUCN)	X		Marinha, estuarina,

			(Mitchill, 1815)						bentopelágica
AC	Perciformes	Carangidae	<i>Selene vomer</i> (Linnaeus, 1758)	galo-de-penacho	Espécie		LC (IUCN)	X	Marinha, estuarina, demersal
AC	Perciformes	Carangidae	<i>Seriola lalandi</i> Valenciennes, 1833	olhete	Espécie		LC (IUCN); VU (Munic. RJ)	X	Marinha, estuarina, bentopelágica
AC	Perciformes	Carangidae	<i>Trachinotus carolinus</i> (Linnaeus, 1766)	pampo	Espécie		LC (IUCN)	X	Marinha, estuarina, bentopelágica, oceanódroma
AC	Perciformes	Carangidae	<i>Trachinotus falcatus</i> (Linnaeus, 1758)	sernambiguara	Espécie		LC (IUCN); EN (Munic. RJ)	X	Marinha, estuarina associado a recifes
AC	Perciformes	Carangidae	<i>Trachinotus goodei</i> Jordan & Evermann, 1896	pampo-galhudo, aracanguito, jiriquiti, pampo-listrado, sernambiguara	Espécie		LC (IUCN)		X Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Carangidae	<i>Uraspis secunda</i> (Poey, 1860)	sabão	Espécie		LC (IUCN)	X	Marinha, pelágico oceânica, oceanódroma
AC	Perciformes	Coryphaenidae	<i>Coryphaena hippurus</i> Linnaeus, 1758	dourado	Espécie		LC (IUCN)	X	Marinha, estuarina, nerítico-pelágica, oceanódroma
AC	Perciformes	Lutjanidae	<i>Lutjanus analis</i> (Cuvier, 1828)	caranha, vermelho- cioba, cioba, vermelho, caraputanga	Espécie	CO	VU A2d, B1+2e (IUCN); EN (Munic. RJ)	X	X Marinha, estuarina associada a recifes
AC	Perciformes	Lutjanidae	<i>Lutjanus griseus</i> (Linnaeus, 1758)	caranha	Espécie		EN (Munic. RJ)	X	Marinha, água doce, estuarina associada a recife, anfídroma
AC	Perciformes	Lutjanidae	<i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus, 1758)	vermelho-henrique	Espécie			X	Marinha associada a recife
AC	Perciformes	Lutjanidae	<i>Rhomboplites aurorubens</i> (Cuvier, 1829)	cioba, realito vermelho	Espécie	CO		X	Marinha demersal

AC	Perciformes	Lobotidae	<i>Lobotes surinamensis</i> (Bloch, 1790)	prejereba	Espécie		LC (IUCN); CR A2bd (RS)	X		Marine, estuarina bentopelágica, oceanódroma
AC	Perciformes	Gerreidae	<i>Diapterus</i> spp.	carapeba	Gênero			XX		
AC	Perciformes	Gerreidae	<i>Eucinostomus melanopterus</i> (Bleeker, 1863)	carapicu	Espécie	carapicu (gênero <i>Eucinostomus</i>)	LC (IUCN)	XX	X	Marinha, água doce, estuarina demersal, anfídroma
AC	Perciformes	Gerreidae	<i>Eugerres brasiliensis</i> (Cuvier, 1830)	caratinga	Espécie		LC (IUCN)	X		Marinha demersal
AC	Perciformes	Haemulidae	<i>Anisotremus surinamensis</i> (Bloch, 1791)	sargo, sargo-de-beiço, salema, pirambu	Espécie			X	X	Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Haemulidae	<i>Anisotremus virginicus</i> (Linnaeus, 1758)	salema, mercador-amarelo	Espécie		LC (IUCN)	X	X	Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Haemulidae	<i>Conodon nobilis</i> (Linnaeus, 1758)	roncador	Espécie		LC (IUCN)	X		Marinha demersal
AC	Perciformes	Haemulidae	<i>Genyatremus luteus</i> (Bloch, 1790)	saguá	Espécie			X		Marinha, estuarina demersal
AC	Perciformes	Haemulidae	<i>Haemulon aurolineatum</i> Cuvier, 1830	corcoroca, cotinga, sapuruna, xira branca	Espécie	corcoroca (família Haemulidae)	LC (IUCN)	XX	X	Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Haemulidae	<i>Haemulon steindachneri</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	corcoroca-boca-larga	Espécie	corcoroca (família Haemulidae)	LC (IUCN)	XX	X	Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Sparidae	<i>Archosargus rhomboidalis</i> (Linnaeus, 1758)	canhanha	Espécie		LC (IUCN)	X		Marinha, estuarina associada a recife
AC	Perciformes	Sparidae	<i>Diplodus argenteus</i> (Valenciennes,	marimbá	Espécie		LC (IUCN)	X	X	Marinha associada a recife

1830)									
AC	Perciformes	Sparidae	<i>Pagrus pagrus</i> (Linnaeus, 1758)	pargo-rosa	Espécie	SE	LC (IUCN)	X	Marinha, bentopelágica, oceanódroma
AC	Perciformes	Sciaenidae	<i>Cynoscion acoupa</i> (Lacepède, 1801)	pescada-amarela	Espécie	AS	LC (IUCN)	X	Marinha, água doce, estuarina demersal, oceanódroma
AC	Perciformes	Sciaenidae	<i>Cynoscion guatucupa</i> (Cuvier, 1830)	maria-mole, pescada- olhuda	Espécie	SE		X	Marinha bentopelágica, oceanódroma
AC	Perciformes	Sciaenidae	<i>Cynoscion jamaicensis</i> (Vaillant & Bocourt, 1833)	goete	Espécie	AS	LC (IUCN)	X	Marinha, estuarina demersal
AC	Perciformes	Sciaenidae	<i>Cynoscion leiarchus</i> (Cuvier, 1830)	pescada -branca	Espécie	AS	LC (IUCN)	X	Marinha, estuarina demersal
AC	Perciformes	Sciaenidae	<i>Cynoscion microlepidotus</i> (Cuvier, 1830)	pescada-dentão, pescada-bicuda	Espécie	AS	LC (IUCN)	X	Marinha, estuarina demersal
AC	Perciformes	Sciaenidae	<i>Cynoscion virescens</i> (Cuvier, 1830)	pescada -cambucu	Espécie	AS	DD (IUCN)	X	Marinha, estuarina demersal
AC	Perciformes	Sciaenidae	<i>Isopisthus parvipinnis</i> (Cuvier, 1830)	tortinha	Espécie		LC (IUCN)	X	Marinha, estuarina demersal
AC	Perciformes	Sciaenidae	<i>Larimus breviceps</i> (Cuvier, 1830)	oveva	Espécie		LC (IUCN)	X	Marinha, estuarina demersal
AC	Perciformes	Sciaenidae	<i>Macrodon ancylodon</i> (Bloch & Schneider, 1801)	pescada-foguete, pescadinha-real	Espécie	SE	LC (IUCN)	X	Marinha, estuarina demersal
AC	Perciformes	Sciaenidae	<i>Menticirrhus</i> spp.		Gênero			XX	
					betara (gênero <i>Menticirrhus</i>)				

AC	Perciformes	Sciaenidae	<i>Micropogonias furnieri</i> (Desmarest, 1823)	corvina	Espécie		SE	LC (IUCN)	X		Marinha, estuarina demersal, oceanódroma
AC	Perciformes	Sciaenidae	<i>Nebrius microps</i> Cuvier, 1830	pescada-banana	Espécie			LC (IUCN)	X		Marinha, estuarina demersal
AC	Perciformes	Sciaenidae	<i>Odontoscion dentex</i> (Cuvier, 1830)	pescada-da-pedra, pescada-dentada, pirucaia	Espécie			LC (IUCN)		X	Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Sciaenidae	<i>Paralichthys brasiliensis</i> (Steindachner, 1875)	maria-luiza	Espécie			LC (IUCN)	X		Marinha, estuarina demersal
AC	Perciformes	Sciaenidae	<i>Pareques acuminatus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	chapéu-alto, maria-nagô, listrado	Espécie			LC (IUCN)		X	Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Sciaenidae	<i>Pogonias cromis</i> (Linnaeus, 1766)	miraguaia, piraúna	Espécie	EN	CO	LC (IUCN); VU (Munic. RJ); EN A2bd (RS)	X		Marinha, estuarina demersal, oceanódroma
AC	Perciformes	Sciaenidae	<i>Stellifer</i> spp.	cangoá	Gênero					XX	
AC	Perciformes	Sciaenidae	<i>Umbrina</i> spp.	castanha	Gênero					XX	
AC	Perciformes	Polynemi- dae	<i>Polydactylus virginicus</i> (Linnaeus, 1758)	parati-barbudo- virginicus	Espécie			LC (IUCN)	X		Marinha, estuarina demersal
AC	Perciformes	Mullidae	<i>Pseudupeneus maculatus</i> (Bloch, 1793)	trilha, salmonete, saramunete	Espécie	trilha (família Mullidae)		LC (IUCN)	XX	X	Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Pempheridae	<i>Pempheris schomburgkii</i> Muller & Troschell, 1848	piaba-do-mar, papudinha	Espécie			LC (IUCN)		X	Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Kyphosidae	<i>Kyphosus</i> ssp.	pirajica	Gênero	Pirajica (gênero <i>Kyphosus</i>)				XX	XX
AC	Perciformes	Ephippidae	<i>Chaetodipterus faber</i> (Broussonet,	enxada, paru, paru	Espécie			LC (IUCN)	X	X	Marinha, estuarina associada a recifes,

			1782)	branco							oceanódroma
AC	Perciformes	Chaetodon- tidae	<i>Chaetodon striatus</i> Linnaeus, 1758	borboleta, borboleta- listrado, beijo-de- moça, carapiaçaba, castanhola, freire, paru	Espécie		LC (IUCN)		X		Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Pomacan- thidae	<i>Holacanthus ciliaris</i> (Linnaeus, 1758)	peixe-anjo, peixe- anjo-rainha, anjo- ciliaris	Espécie	AS	LC (IUCN); VU (Munic. RJ)		X		Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Pomacan- thidae	Pomacanthus paru (Bloch, 1787)	parú-da-pedra, enxada, frade, jandaia, paru	Espécie	AS	LC (IUCN); EN (Munic. RJ)		X		Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Pomacen- tridae	<i>Abudefduf saxatilis</i> (Linnaeus, 1758)	sinhá-rosa, sargentinho	Espécie		LC (IUCN)		X		Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Pomacen- tridae	<i>Chromis multilineata</i> (Guichenot, 1853)	mulata, donzela- marrom, tesourinha	Espécie		LC (IUCN)		X		Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Pomacen- tridae	<i>Stegastes fuscus</i> (Cuvier, 1830)	castanheta, donzelinha, donzela- escura, saberé-café- dourado	Espécie		LC (IUCN)		X		Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Pomacen- tridae	<i>Stegastes pictus</i> (Castelnau, 1855)	donzela bicolor, saberé bicolor	Espécie				X		Marinha demersal
AC	Perciformes	Pomacen- tridae	<i>Stegastes variabilis</i> (Castelnau, 1855)	castanheta, donzelinha, donzela- amarela, saberé- amarelo	Espécie				X		Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Mugilidae	<i>Mugil curema</i> Valenciennes, 1836	parati	Espécie	Gênero <i>Mugil</i>	LC (IUCN)	X	XX		Marinha, agua doce, estuarina associada a recifes, catádroma
AC	Perciformes	Mugilidae	<i>Mugil liza</i> Valenciennes, 1836	tainha	Espécie	Gênero <i>Mugil</i>	SE	DD (IUCN)	X	XX	Marinha, agua doce, estuarina demersal, catádroma
AC	Perciformes	Sphyraeni-	<i>Sphyraena</i> spp.	bicuda	Gênero				XX		

		dae											
AC	Perciformes	Labridae	<i>Halichoeres brasiliensis</i> (Bloch, 1791)	sabonete, budião-verde	Espécie				DD (IUCN); VU (Munic. RJ)		X	Marinha associada a recifes	
AC	Perciformes	Labridae	<i>Halichoeres poeyi</i> (Steindachner, 1867)	sabonete, budião-puxê	Espécie				LC (IUCN)		X	Marinha associada a recifes	
AC	Perciformes	Scaridae	<i>Cryptotomus roseus</i> Cope, 1871	batata, budião	Espécie				LC (IUCN)		X	Marinha associada a recifes	
AC	Perciformes	Scaridae	<i>Sparisoma axillare</i> (Steindachner, 1878)	budião, peixe-papagaio-cinza	Espécie	budião (gênero <i>Sparisoma</i>)	VU	CO	DD (IUCN)	XX	X	Marinha associada a recifes	
AC	Perciformes	Scaridae	<i>Sparisoma frondosum</i> (Agassiz, 1831)	budião, peixe-papagaio-cinza	Espécie	budião (gênero <i>Sparisoma</i>)	VU	CO	DD (IUCN)	XX	X	Marinha associada a recifes	
AC	Perciformes	Scaridae	<i>Sparisoma radians</i> (Valenciennes, 1840)	budião, peixe-papagaio-verde-dentuço	Espécie	budião (gênero <i>Sparisoma</i>)			LC (IUCN)	XX	X	Marinha associada a recifes	
AC	Perciformes	Percophidae	<i>Percophis brasiliensis</i> Quoy & Gaimard, 1825	tira-vira	Espécie						X	Marinha demersal, oceanódroma	
AC	Perciformes	Pinguipedidae	<i>Pseudopersis</i> spp.	namorado	Gênero						XX		
AC	Perciformes	Labrisomidae	<i>Gobioclinus kalisherae</i> (Jordan, 1904)	maria-da-toca, maria-da-toca-olhão	Espécie				LC (IUCN)		X	Marinha associada a recifes	
AC	Perciformes	Labrisomidae	<i>Labrisomus nuchipinnis</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	maria-da-toca-garrião	Espécie				LC (IUCN)		X	Marinha associada a recifes	
AC	Perciformes	Labrisomidae	<i>Malacoctenus delalandii</i> (Valenciennes, 1836)	maria-da-toca, macaquinho-comum	Espécie						X	Marinha associada a recifes	

AC	Perciformes	Chaenopsidae	<i>Emblemariopsis signifer</i> (Ginsburg, 1942)	macaquinho-cabeça-preta	Espécie	LC (IUCN)	X	Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Blenniidae	<i>Hypleurochilus fissicornis</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	emboré, macaco, maria-da-toca, macaco de chifre	Espécie	LC (IUCN)	X	Marinha demersal
AC	Perciformes	Blenniidae	<i>Hypleurochilus pseudoaequipinnis</i> Bath, 1994	emboré	Espécie	LC (IUCN)	X	Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Blenniidae	<i>Ophioblennius atlanticus</i> (Valenciennes, 1836)	emboré, punaru, macaco-preto, maria-da-toca	Espécie	LC (IUCN)	X	Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Blenniidae	<i>Parablennius marmoreus</i> (Poey, 1876)	emboré, macaco-ouro	Espécie	LC (IUCN)	X	Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Blenniidae	<i>Parablennius pilicornis</i> (Cuvier, 1829)	emboré, maria-da-toca	Espécie	LC (IUCN)	X	Marinha demersal
AC	Perciformes	Blenniidae	<i>Scartella cf. cristata</i> (Linnaeus, 1758)	macaco-verde, marachomba, maria-da-toca	Espécie	LC (IUCN)	X	Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Gobiidae	<i>Bathygobius soporator</i> (Valenciennes, 1837)	amboré	Espécie	LC (IUCN)	X	Marinha, água doce, estuarina demersal
AC	Perciformes	Gobiidae	<i>Coryphopterus dicrus</i> Böhlke & Robins, 1960	amoré-dois-pontos	Espécie	LC (IUCN)	X	Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Gobiidae	<i>Coryphopterus glaucofraenum</i> Gill, 1863	amboré-vidro	Espécie	LC (IUCN)	X	Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Gobiidae	<i>Coryphopterus thrix</i> Böhlke & Robins, 1960		Espécie	VU A3ce (IUCN)	X	Marinha associada a recifes

AC	Perciformes	Gobiidae	<i>Elacatinus figaro</i> Sazima, Moura & Rosa, 1997	neon goby	Espécie	VU	AS	VU A4ad (ES)	X	Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Acanthuri- dae	<i>Acanthurus bahianus</i> Castelnau, 1855	barbeiro, acaraúna- azul-e-preta, cirurgião, lanceta	Espécie			LC (IUCN)	X	Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Acanthuri- dae	<i>Acanthurus chirurgus</i> (Bloch, 1787)	barbeiro, acaraúna- preta, barbeiro- comum, cirurgião, lanceta, peixe-doutor	Espécie			LC (IUCN)	X	Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Acanthuri- dae	<i>Acanthurus coeruleus</i> Bloch & Schneider, 1801	barbeiro, acará-úna, acaraúna-azul-e- preta, cirurgião-azul, lanceta, peixe-doutor	Espécie			LC (IUCN)	X	Marinha associada a recifes
AC	Perciformes	Trichiuridae	<i>Trichiurus lepturus</i> Linnaeus, 1758	espada	Espécie			LC (IUCN)	X	Marinha, estuarina bentopelágica, anfídroma
AC	Perciformes	Xiphiidae	<i>Xiphias gladius</i> Linnaeus, 1758	espadarte	Espécie			LC (IUCN)	X	Marinha, oceânica pelágica, oceanódroma
AC	Perciformes	Istiophori- dae	<i>Istiophorus platypterus</i> (Shaw, 1792)	agulhão-vela	Espécie			LC (IUCN)	X	Marinha, oceanódroma
AC	Perciformes	Scombri- dae	<i>Scomber japonicus</i> Houttuyn, 1782	cavalinha	Espécie			LC (IUCN)	X	Marinha, oceanódroma
AC	Perciformes	Scombri- dae	<i>Scomberomorus brasiliensis</i> Collette, Russo & Zavala-Camim, 1978	sororoca	Espécie			LC (IUCN)	X	Marinha associada a recifes, oceanódroma
AC	Perciformes	Stromatei- dae	<i>Peprilus paru</i> (Linnaeus, 1758)	gordinho	Espécie			LC (IUCN)	X	Marinha, estuarina bentônica

AC	Pleuronectiformes	Paralichthyidae	<i>Paralichthyidae</i>	linguado	Família			XXX		
AC	Pleuronectiformes	Bothidae	<i>Bothus ocellatus</i> (Agassiz, 1831)	linguado	Espécie		LC (IUCN)		X	Marinha associada a recifes
AC	Tetraodontiformes	Balistidae	<i>Balistes caprisкус</i> Gmelin, 1789	porco, peroá-branco, cangulo	Espécie	SE	VU A2bd (IUCN)	X		Marinha associada a recifes
AC	Tetraodontiformes	Balistidae	<i>Balistes vetula</i> Linnaeus, 1758	peixe-porco, cangulo-papo-amarelo, cangulo-rei, cangulo-verdadeiro, peroá	Espécie	SE	NT (IUCN)		X	Marinha associada a recifes
AC	Tetraodontiformes	Monacanthidae	<i>Aluterus scriptus</i> (Osbeck, 1765)	peixe-porco, cangulo-de-areia, cangulo-pavão, peixe-rato, raquete-listrado	Espécie		LC (IUCN)		X	Marinha associada a recifes
AC	Tetraodontiformes	Monacanthidae	<i>Aluterus monoceros</i> (Linnaeus, 1758)	porco-chinelo	Espécie		LC (IUCN)	X		Marinha associada a recifes
AC	Tetraodontiformes	Monacanthidae	<i>Cantherhines pullus</i> (Ranzani, 1842)	peixe-porco, cangulo-da-pedra, cangulo-pavão, porco-pintado	Espécie		LC (IUCN)		X	Marinha associada a recifes
AC	Tetraodontiformes	Monacanthidae	<i>Stephanolepis hispidus</i> (Linnaeus, 1766)	porco-peludo	Espécie		LC (IUCN); DD (RS)	X		Marinha associada a recife
AC	Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Canthigaster figueiredoi</i> Moura & Castro, 2002	baiacu, baiacu-mirim	Espécie	AS	LC (IUCN)		X	Marinha associada a recifes
AC	Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Lagocephalus laevigatus</i> (Linnaeus, 1766)	baiacu	Espécie		LC (IUCN)	X		Marinha, estuarina
AC	Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Sphoeroides spengleri</i> (Bloch, 1785)	baiacu, baiacu-mirim, baiacu-pinima	Espécie		LC (IUCN)		X	Marinha, estuarina associada a recifes

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta dissertação, buscamos reunir elementos que possibilitem um primeiro passo na construção de uma estratégia de co-manejo dos estoques pesqueiros e da biodiversidade marinha no litoral do Estado de São Paulo. Para tanto, sintetizamos informações de alta qualidade sobre a dinâmica pesqueira no litoral centro-sul paulista, particularmente em relação à mobilidade das frotas e aos padrões espaço-temporais de importância das diferentes espécies-alvo e artes de pesca. Adicionalmente, realizamos um exercício de comparação entre a composição da lista de espécies de peixes oficial da Estação Ecológica dos Tupiniquins e a composição da lista de espécies frequentemente pescadas em suas adjacências, informada pelo banco de dados do Instituto de Pesca, para obter um indicativo da qualidade dos dados sobre a biodiversidade disponíveis para unidades de conservação marinhas do litoral paulista e para complementar o conhecimento da unidade de conservação.

No que se segue, à luz dos resultados e discussões aqui apresentados, delimitamos brevemente alguns desafios-chave a serem superados para viabilizar estratégias de co-manejo dos estoques pesqueiros e da biodiversidade marinha na costa paulista:

- A articulação política entre diferentes instâncias e instituições governamentais e atores não-governamentais, especialmente pescadores artesanais e industriais de todos os municípios da região, para a delimitação participativa de objetivos e metas ecológicas e econômicas de curto, médio e longo prazo para o manejo da biodiversidade e estoques pesqueiros na costa paulista. O estabelecimento desses objetivos e metas deve acontecer à luz de um grande número de projetos de co-manejo em implementação ao redor do mundo, o que pode demandar uma ampla reformulação das regulamentações ambientais e do próprio sistema de áreas protegidas atualmente existente.

- Conforme demonstramos ao integrar a "paisagem social do mar" aos dados sobre a dinâmica pesqueira, é imperativo adaptar as regulações gerais atualmente existentes para aspectos biofísicos e sociais da pesca artesanal regional, de forma a aprimorar a conservação da biodiversidade e também garantir a subsistência das comunidades pesqueiras.
- Uma das principais ameaças à biodiversidade marinha na escala regional é a pesca de arrasto, a qual deve ser severamente restringida. A autorização do arrasto artesanal pode ser viável em médio e longo prazo, em áreas restritas e sob rotatividade monitorada, se associada ao monitoramento científico dos padrões de diversidade e abundância de espécies em escala regional.
- A alta variabilidade espacial e temporal nos padrões de pesca desafia a formalização de hipóteses sobre os processos ecológicos e/ou sociais a eles subjacentes, requerendo investimentos coordenados em programas de pesquisa básica interinstitucional que possam tanto alimentar as séries históricas de estatística pesqueira como promover o desenvolvimento de modelos de distribuição de espécies e trabalhos experimentais que formulem hipóteses sobre a dinâmica sócio-ecológica que governa os padrões de captura na região, testando-as empiricamente.
- As análises de produtividade dos blocos sugerem que o atual sistema de unidades de conservação provavelmente é sub-ótimo no que tange à renovação dos estoques pesqueiros, havendo blocos altamente produtivos e poucos utilizados do ponto de vista da pesca que atualmente não são protegidos. A inserção dos blocos de alta produtividade e baixa utilização no sistema de áreas protegidas é condição essencial para otimização dos estoques pesqueiros e maior efetividade de conservação.
- A baixa sobreposição entre a lista de espécies oficial da Estação Ecológica dos Tupiniquins e as espécies pescadas em seu entorno, conforme banco de dados do Instituto de Pesca, mostra a existência de uma reposição (*turnover*) alta entre ambientes recifais, amostrados no

âmbito da elaboração do plano de manejo, e os ambientes adjacentes de águas abertas e fundos não consolidados, os quais são também relevantes para a conservação da biodiversidade marinha.

- O uso de dados de estatística pesqueira revelou-se uma promissora fonte de complementação de dados sobre riqueza e diversidade taxonômica da ictiofauna de unidades de conservação marinhas, acrescentando espécies especialmente em famílias que ocupam águas abertas e fundos não consolidados, os quais doravante precisam de maior consideração do ponto de vista da gestão e conservação da biodiversidade.
- A implantação de uma rede funcional de áreas marinhas protegidas, incluindo a revisão do tamanho, distribuição espacial e conectividade de suas unidades constituintes é condição essencial para que o co-manejo da biodiversidade e estoques pesqueiros possa ser construído em longo prazo. A rede funcional de unidades marinhas, a qual pode ser delimitada à luz de um grande número de estudos recentes sobre redes espaciais e meta-comunidades, é o alicerce sobre o qual estrutura-se o planejamento espacial marinho. A partir da rede funcional de áreas protegidas e a demonstração empírica de efeitos de *spill-over*, será possível estabelecer um zoneamento dinâmico que inclua até mesmo artes de pesca mais agressivas do ponto de vista ambiental, tal como o arrasto artesanal.
- Surpreendentemente, são simples os ajustes institucionais necessários para a construção de um esquema de governança orientado pelo co-manejo da biodiversidade marinha e estoques pesqueiros. Sugerimos que os diálogos sejam iniciados no sentido do co-manejo em redes de unidades de conservação, que na área marinha do Estado de São Paulo podem ser centralizados nas APAs marinhas, posto que nestas já existem instâncias de participação interinstitucional e comunitárias estabelecidas e podem também operacionalizar a gestão espacial de normatizações dinâmicas e adaptáveis, bem como promover logisticamente as amplas iniciativas científicas necessárias para implementá-las.